

Anderson
Gomes de Oliveira

Tesis doctoral

Mapeamento e avaliação da fragilidade
ambiental em bacias hidrográficas
utilizando álgebras de mapas com
vistas à gestão do território

Santiago de Compostela, 2020



TESIS DE DOCTORADO

MAPEAMENTO E AVALIAÇÃO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS UTILIZANDO ÁLGEBRAS DE MAPAS COM VISTAS À GESTÃO DO TERRITÓRIO

Anderson Gomes de Oliveira

ESCUELA DE DOCTORADO INTERNACIONAL
PROGRAMA DE DOCTORADO EN HISTORIA, GEOGRAFÍA E HISTORIA DEL ARTE

SANTIAGO DE COMPOSTELA

2020



D./Dña. **Anderson Gomes de Oliveira**

Título da tese: **Mapeamento e avaliação da fragilidade ambiental em bacias hidrográficas utilizando álgebras de mapas com vistas à gestão do território**

Presento a miña tese, seguindo o procedemento axeitado ao Regulamento, e declaro que:

- 1) A tese abarca os resultados da elaboración do meu traballo.
- 2) De ser o caso, na tese faise referencia ás colaboracións que tivo este traballo.
- 3) Confirmo que a tese non incorre en ningún tipo de plaxio doutros autores nin de traballos presentados por min para a obtención doutros títulos.

E comprométome a presentar o Compromiso Documental de Supervisión no caso de que o orixinal non estea na Escola.

En **Santiago de Compostela, 16 de Novembro de 2020.**

Sinatura electrónica



D./Dña. Rubén Camilo Lois González

En condición de: **Tutor/a y director/a**

Título de la
tesis:

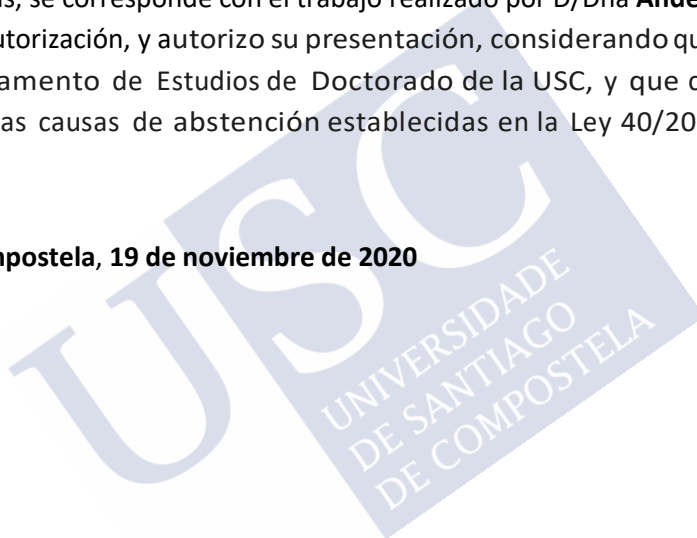
**Mapeamento e avaliação da fragilidade ambiental em bacias
hidrográficas utilizando álgebras de mapas com vistas à gestão
do território**

INFORMA:

Que la presente tesis, se corresponde con el trabajo realizado por D/Dña **Anderson Gomes de Oliveira**, bajo mi dirección/tutorización, y autorizo su presentación, considerando que reúne los requisitos exigidos en el Reglamento de Estudios de Doctorado de la USC, y que como director/tutor de esta no incurre en las causas de abstención establecidas en la Ley 40/2015.

En **Santiago de Compostela, 19 de noviembre de 2020**

Firma electrónica







*"No meio do caminho tinha uma pedra.
Nunca me esquecerei desse acontecimento."
Carlos Drummond de Andrade*





*Dedico esta tese aos meus pais, José Carlos de Oliveira
(in memorian) e Alvanira C. Gomes de Oliveira, e a
minha esposa Rosangela Bezerra de Menezes Oliveira,
que sempre me incentivaram nessa longa caminhada.
Dedico também às minhas filhas Maria Clara Menezes e Lara
Menezes, e aos meus irmãos, para que cada vez mais se dediquem
aos estudos.*



AGRADECIMENTOS

Ao final da pesquisa, é chegada hora de agradecer a colaboração das pessoas e instituições que me incentivaram, e que direta e indiretamente contribuíram para a realização desta tese.

Agradeço a Deus e a meus pais em primeiro lugar, por terem me dado a oportunidade de estar aqui hoje nessa luta.

Além de dedicar este trabalho, eu também agradeço a minha esposa Rosangela Bezerra de Meneses Oliveira, que mesmo reclamando da minha ausência durante o período, me incentivou e me apoiou durante todo o processo.

Agradeço imensamente ao professor Ruben C. Lois González, pela confiança e paciência, cuja motivação pregada em nossas conversas me deu fôlego para seguir em frente com a pesquisa.

Aos colegas de turma, Marcelo Amorim, Ricardo Machado, Vanessa Vieira, Oriana Silva e Raquel Vale, pela companhia quando da nossa estada na Universidade para a realização da pesquisa e pelos vinhos e “tapas” consumidos nas belíssimas ruas do casco da cidade de Santiago de Compostela.

Aos funcionários da Universidade de Santiago de Compostela pelo pronto atendimento às minhas solicitações.

A Manuel Cabalar e Yamilé Pérez, pela amizade e acolhida na cidade de Santiago.

Ao grande amigo irmão Zeo Antonelli, pela leitura e correção ortográfica desta pesquisa.

A todos que aqui não foram citados, sintam-se abraçados e agradecidos.



RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo geral mapear e analisar o uso e ocupação do solo e a vulnerabilidade ambiental no subsídio ao zoneamento, planejamento e ordenamento territorial, tendo como estudo de caso a bacia hidrográfica do rio Ipojuca, Pernambuco/Brasil. Desde a antiguidade, a organização do espaço sempre foi uma premissa para grupos de pessoas que se propõem a viver numa sociedade, sob objetivos e normas comuns. À época, já se percebia formas de planejamento quando da transformação dos ambientes naturais em áreas de cultivo na Mesopotâmia, por volta de 4000 a.C., em aldeias ligadas à prática da pesca e/ou agricultura, onde a ordenação do território levava em consideração condicionantes ambientais como topografia e microclima. A prática da agricultura foi a maior intervenção do homem no meio ambiente desde a antiguidade, fato que marcou as primeiras intervenções na organização do território, com a introdução de técnicas de irrigação feita por canalização da água para atender as aldeias localizadas no Oriente Médio limitadas entre os vales dos rios Tigre e Eufrates. A definição de um recorte físico-territorial para a realização de estudos de planejamento e ordenamento territorial é uma atividade complexa, pois exige do planejador a compreensão de que o recorte escolhido é o mais adequado para analisar e interpretar o conjunto de variáveis inerentes às etapas do planejamento. É comum que a equipe encarregada de elaborar o planejamento defina a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, tendo em vista o julgamento de que a bacia hidrográfica seja uma unidade espacial sistêmica e de caráter integrador, o que possibilita entender a complexidade com que se estabelece a interação natureza e sociedade, como também avaliar os reflexos produzidos por essa interação nas transformações socioespaciais ocorridas ao longo do tempo no contexto do espaço geográfico. O mapeamento e as análises do uso e ocupação do solo e da vulnerabilidade ambiental da bacia permitiram definir as macrozonas Litorânea e Agrestina e as zonas, tendo como base os diferentes graus de modificação em relação aos impactos produzidos pelas ações antrópicas na bacia. Essas transformações, provocadas pelas ações antrópicas ao longo do tempo, têm gerado grandes impactos nas paisagens da bacia. No período analisado nesta pesquisa (2000 a 2015), percebeu-se que as classes de uso e ocupação do solo passaram por grandes transformações, com a substituição gradativa das áreas de cobertura vegetal nativa, para dar lugar principalmente à agricultura, à pecuária, à ovinocaprinocultura e ao crescimento urbano, de forma que a paisagem predominante da bacia foi sendo paulatinamente substituída por uma paisagem cada vez mais degradada, heterogênea e fragmentada, produzindo, assim, zonas e/ou unidades de paisagem com diferentes graus de modificação, classificadas nesta pesquisa como zonas: a) pouco modificadas; b) medianamente modificadas; c) altamente modificadas; e d) completamente modificadas. O zoneamento adotado para a BHRI se mostrou um importante instrumento para o entendimento das relações socioespaciais do seu território e um ponto de partida fundamental na indicação de sugestões a serem implementadas na forma de ações norteadoras para futuras políticas e/ou atividades de planejamento e ordenamento territorial para a bacia.

Palavras-chave: bacias hidrográficas, zoneamento, uso e ocupação do solo, vulnerabilidade ambiental, planejamento e ordenamento territorial.



ABSTRACT

This research had as general objective to map and analyze the use and occupation of the soil and the environmental vulnerability in the subsidy to the zoning, planning and territorial ordering, having as case study, the hydrographic basin of the Ipojuca river, Pernambuco/Brazil. Since ancient times, the organization of space has always been a premise for groups of people who propose to live in a society under common goals and norms. At the time, forms of planning were already perceived when the transformation of natural environments into cultivated areas in Mesopotamia, approximately 4000 BC, in villages linked to the practice of fishing and/or agriculture, where the ordering of the territory took into account conditions environmental factors such as topography and microclimate. The practice of agriculture was the greatest intervention of man in the environment since antiquity, a fact that marked the first interventions in the organization of the territory, with the introduction of irrigation techniques carried out by channeling water to serve the villages located in the Middle East limited by the valleys of the Tigris and Euphrates rivers. The definition of a *physical-territorial cut* for carrying out planning and spatial planning studies is a complex activity, since it requires the planner to understand that the chosen cut is the most appropriate to analyze and interpret the set of variables inherent to the stages of the planning. It is common for the team in charge of preparing the planning to define the hydrographic basin as a planning unit, in view of the judgment that the hydrographic basin is a systemic spatial unit with an integrating character, which makes it possible to understand the complexity with which it is established. Nature and society interaction, as well as to evaluate the reflexes produced by this interaction in the socio-spatial transformations that occurred over time in the context of geographic space. The mapping and analysis of the use and occupation of the soil and the environmental vulnerability of the basin, allowed to define the Macrozonas Litorânea and Agrestina and the zones based on the different degrees of modification in relation to the impacts produced by the anthropic actions in the basin. These changes, caused by human actions over time, have generated major impacts on the basin's landscapes. In the period analyzed in this research (2000 to 2015), it was noticed that the land use and occupation classes underwent great transformations, with the gradual replacement of native vegetation cover areas to give way mainly to agriculture, livestock, sheep and goat farming and urban growth, so that the predominant landscape of the basin was gradually being replaced by an increasingly degraded, heterogeneous and fragmented landscape, thus producing zones and/or landscape units with different degrees of change, classified in this research as zones: a) little modified; b) moderately modified; c) highly modified; and d) completely modified. The zoning adopted for BHRI proved to be an important instrument for understanding the socio-spatial relations of its territory and a fundamental starting point in the indication of suggestions to be implemented in the form of guiding actions for future policies and/or territorial planning and planning activities to the basin.

Keywords: Watersheds, zoning, land use and occupation, environmental vulnerability, territorial planning and ordering



RESUMO ESTENDIDO

A conca hidrográfica como unidade de análise xeográfica, é produto de relacións sociais complexas baseadas nas súas múltiples dimensións, xa sexan políticas, económicas, culturais, espaciais ou ecolóxicas, e presenta como características unha construción social, derivada das prácticas de desenvolvemento moldeadas pola sociedade que alí vive, cando exerce as súas interaccións a través de actividades no espazo xeográfico. Como en calquera outro sistema, nunha conca hidrográfica é necesario resaltar tres elementos principais que compoñen o seu sistema territorial, estes son: a estrutura, a función, e a imaxe que transmite ao espectador. Como sinalaron Orea e Villarino (2013), a estrutura maniféstase nos compoñentes que integran o sistema, a función prodúcese a través dos fluxos que atravesan as canles de relación que dan funcionalidade ao sistema, de modo que ambos se manifestan na imaxe que percibe a poboación, de forma polisensorial e subxectiva, dando a idea de paisaxe. A estes tres elementos débese agregar un cuarto, de natureza diferente, e con todo intrínseco aos sistemas, que é o tempo ou a evolución temporal do sistema.

Con todo, as actividades de planificación e ordenación territorial son inherentes ao proceso evolutivo do home, quen desde os albores da Humanidade adaptou o hábitat ás súas necesidades (co xurdimento da agricultura e a domesticación de animais como fito importante neste proceso), e inevitablemente continuará facéndoo no futuro, modificando e adaptando os compoñentes do sistema territorial, como a contorna física, a través da forma en que a poboación se apropia do espazo xeográfico a través da definición de regras para o uso e ocupación da terra, a produción e o consumo, ademais das relacións sociais coas que as persoas, institucións e axentes estruturan a sociedade.

Co avance tecnolóxico, o home ten a posibilidade de intervir e modificar a dinámica ambiental de acordo coas súas necesidades, dunha maneira máis intensa, establecendo un novo patrón de explotación do medio ambiente. A pesar deste avance tecnolóxico, existe unha escaseza de propostas para plans e programas de planificación integrados destinados á planificación territorial nas concas fluviais, o que dá como resultado importantes alteracións ambientais cuxa magnitude varía segundo as limitacións e vulnerabilidades dos ambientes que conforman unha conca hidrográfica. Neste escenario, existe a necesidade de estudos técnicos e científicos que teñan como obxectivo coñecer e comprender as vulnerabilidades e/ou debilidades das contornas estudadas, así como para crear conciencia entre a poboación involucrada no proceso sobre a importancia da xestión e o uso adecuado dos recursos naturais para minimizar os procesos de degradación ambiental.

Segundo Ross (2009), a historia recente de Brasil está marcada pola degradación ambiental como resultado de prácticas económicas depredadoras, o que fai que sexa cada vez máis urxente a implementación de políticas nas que a planificación e o ordenamento territorial nas concas non teñan como único obxectivo unha perspectiva económica, senón tamén unha perspectiva ambiental. Estas accións, por tanto, non deben priorizar tan só os intereses económicos e tecnolóxicos, senón que deben propoñer un desenvolvemento que teña en conta o potencial dos recursos naturais e, sobre todo, as fragilidades das contornas naturais en vista das diferentes insercións do ser humano na natureza (ROSS, 2009, p. 52).

Ao abordar o tema da planificación territorial, Orea e Villarino (2013), recoñecen que é difícil atopar unha definición precisa, xa que se aplica de maneira diferente de acordo coa comprensión de quen a utiliza. Con todo, en opinión dos autores, o seu uso normalmente vira

ao redor de tres elementos: actividades humanas, o espazo no que se inseren, e o sistema que entre ambos é concibido. Entón, ordenar un territorio significa identificar, distribuír, organizar e regular as actividades humanas nese territorio, de acordo con certos criterios e prioridades.

Actualmente, existe un recoñecemento por parte da comunidade científica de que a conca fluvial é unha unidade de análise capaz de cumprir con todos os criterios para o seu uso como unidade básica de referencia para a preparación de estudos de planificación e ordenación territorial dun determinado espazo xeográfico, en vista de que este tipo de formación natural alberga as relacións intrínsecas entre os aspectos físicos e ambientais e os axentes que actúan no seu territorio, proporcionando unha visión holística e sistémica do seu territorio.

Cabe sinalar, con todo, que desde a antigüidade, a organización do espazo sempre foi unha premisa para grupos humanos que se propoñen vivir en sociedade, baixo obxectivos e normas comúns (SANTOS, 2004). Por exemplo, xa se percibían formas de planificación por mor da transformación das contornas naturais en áreas cultivadas en Mesopotamia, en aproximadamente 4000 a.C., en aldeas vinculadas á práctica da pesca e / ou a agricultura, onde o ordenamento do territorio tiña en conta do algún modo factores ambientais como a topografía e o microclima.

Para Silva (2003), as nocións de planificación e uso adecuado do espazo urbano e rural remóntanse a milenios atrás, e quizais as nocións de sustentabilidade, comodidade e estética ao ordenar o territorio non sexan tan novas. No período comprendido entre 1500 a. C. e 1200 d. C. a poboación andina, principalmente a cultura Tiwanaku, deixou grandes avances para a ciencia, como as técnicas de cultivo en "camellones " (sistema de rega) para as chairas, e " plataformas " (terrazas sustentadas con pedras) para as ladeiras, ademais dun legado arquitectónico na construción das súas cidades (ESCALANTE, 1994 apud SILVA, 2003).

Sen dúbida, a práctica da agricultura foi a maior intervención do home no medio ambiente desde a antigüidade, e un feito que marcou as primeiras intervencións na organización do territorio, como a introdución de técnicas de regadío mediante canalización da auga para servir aos pobos situados no Oriente Medio, en concreto entre os vales dos ríos Tigris e do Éufrates (GOIS, 2010). No mesmo período, moitas construcións destinadas á organización territorial da agricultura levaron a cabo en Exipto, con énfase nas represas graduadas no río Nilo, onde había unha gran preocupación no control de inundacións e o seu impacto na produción de alimentos.

En Europa, a fins do século XIX, poucos eran os interesados na construción de cidades combinadas coa conservación dos elementos da natureza. Ao analizar o proceso de desenvolvemento dunha cidade, era moi común percibir estruturas que implicaban unha planificación sectorial, na que a organización do espazo realizábase segundo a súa ocupación. Nalgunhas cidades europeas, a planificación territorial baseábase na circulación interna da auga, como no caso de Venecia.

Segundo Gois (2010), en Europa, no contexto do panorama histórico da planificación, a revolución industrial, iniciada en Inglaterra e impulsada pola máquina de vapor, converteuse na principal forza xeradora de movemento e aceleración do proceso de produción, causando fortes impactos socioeconómicos e ambientais. A implementación do saneamento básico nas cidades industriais, así como a administración e a lexislación destes servizos, comezaron só a mediados do século XIX, coa demanda de auga debida ao crecemento da poboación. Con todo, a planificación intensiva por parte do estado non comezou ata o final da primeira guerra mundial, cando a sociedade tiña a necesidade de reconstruírse.

Historicamente, traballáronse diferentes tipos de planificación sectorial, cuxa discusión fundamental centrouse principalmente na planificación urbana e as múltiples funcións exercidas por unha cidade, cun maior desenvolvemento teórico por parte dos planificadores sectoriais na área económica e de recursos hídricos. Desde 1930, a experiencia acumulada ao

longo dos anos na planificación da auga deu como resultado o desenvolvemento de métodos de criterios múltiples asociados coas avaliacións de custo / beneficio. Segundo Santos (2004), estas estratexias apuntaban á toma de decisións en relación con demandas alternativas ou usos múltiples da auga. Aínda que incipientes, neste período os estudos centráronse na planificación e o ordenamento territorial, con referencia á calidade e cantidade de auga dispoñible como recurso natural, e abordaron o carácter integrador do medio ambiente, salientando así a vella idea da planificación baseada na conca hidrográfica.

O concepto de Planificación (ou Plan) foi amplamente discutido dentro das ciencias da terra. En xeral, os investigadores optan por unha perspectiva na que cren que a planificación é un medio sistemático para caracterizar as condicións actuais dun espazo xeográfico dado como punto de partida, para logo determinar onde ir e promover formas de lograr ese obxectivo. Con todo, é importante salientar, como advertiu Silva (2003), que non é tan simple elaborar un concepto preciso e inmutable na área das ciencias humanas como o é na área das ciencias exactas. En Matemáticas ou Física, por exemplo, os conceptos son precisos e de cando en cando pódense cambiar; con todo, cando se trata de Planificación, practicamente cada individuo ten a súa propia concepción.

Segundo Conyers e Hills (1984, p. 3), a planificación é "un proceso continuo que involucra decisións ou opcións sobre formas alternativas de usar os recursos dispoñibles, co obxectivo de alcanzar metas específicas nalgún momento do futuro".

Na comprensión de Vasconcelos (1992), ao definilo como unha actividade de proposicións, afirma que a planificación non é unha actividade descritiva ou interpretativa. Chama a atención sobre o feito de que o obxectivo do planificador non é describir / interpretar o mundo, senón propoñer formas de cambiar as cousas, de modo que a descrición sexa só una das fases inseridas dentro do marco de planificación.

En xeral, está claro que as diferentes interpretacións sobre a planificación non son antagónicas, senón complementarias, xa que están destinadas a proporcionar subsidios á xestión e ao ordenamento territorial, de modo que as tres esferas gobernamentais e a sociedade civil poidan, actuando conxuntamente, ter unha base para a toma de decisións (GOIS, 2010). Aínda que a planificación é unha actividade continua, é necesario que se faga por un período específico de tempo e debe ser monitoreado constantemente, ademais de esixir un enfoque interdisciplinar, xa que implica diferentes proxectos específicos e áreas xeográficas predefinidas tales como as concas hidrográficas, obxecto de estudo desta tese.

En xeral, para comprender o espazo xeográfico na súa plenitude socioespacial, os planificadores buscan tipificar a planificación desde diferentes perspectivas. Desta maneira, Santos (2004) mostra que os plans veñen con palabras que definen ou caracterizan a súa natureza de acción. En canto ao alcance espacial, a planificación pode subdividirse en: local, relacionada cunha área específica; conca hidrográfica; municipal e estatal, de límites territoriais legais; ou rexional, cubrindo unha área que pode estar limitada por municipios, concas fluviais ou paisaxes comúns. Outros tipos de planificación que teñen en conta o alcance espacial clasifícanse como nacionais e internacionais, que, respectivamente, abordan as demandas que involucran a todo un país ou a máis dun país. Esta clasificación permite agrupar os plans en varios tipos, de acordo co adxectivo considerado para a súa clasificación e a referencia para adoptar (SANTOS, 2004). Estes son: alcance espacial; natureza das actividades; operacional.

Existen tamén algúns tipos de planificación propostos de acordo coa natureza dos obxectivos para ser aplicados. Nestes casos, os máis comúns atópanse na área económica, como a planificación anticíclica, que ten como obxectivo manter a estabilidade da economía cando xestiona variacións do mercado, ou a planificación de emerxencia, que ten como obxectivo combater situacións de risco (SANTOS, 2004). A planificación física, tamén chamada uso e

ocupación do chan, ten como obxectivo disciplinar as actividades humanas teniéndolo en conta o aproveitamento das potencialidades de cada rexión.

En Brasil, a planificación cun rumbo ambiental gañou énfase a fins da década de 1970 e principios da década de 1980 debido ao aumento significativo no proceso de urbanización, que aumentou a competencia pola terra, a auga, a enerxía e os recursos biolóxicos. Durante este período, sostivéronse varias discusións sobre a importancia da planificación ambiental como unha ferramenta capaz de conciliar o uso e a ocupación da terra coa protección de ambientes ameazados e mellorar a calidade de vida das poboacións (SANTOS, 2004).

Por tanto, "cando se enfronta co "apelativo" da planificación, xa sexa en Brasil ou no estranxeiro, obsérvase que, a miúdo, a referencia segue máis polo sentido práctico e común dun grupo determinado que por unha reflexión académica" (SANTOS, 2004, p. 26). Por tanto, o autor advirte que a preocupación co "apelativo" é importante, xa que non só retrata a liña primordial de accións e as súas bases teóricas, senón que tamén pode influír na selección, a importancia e o papel dos executores da planificación e tomadores de decisións.

Na presente tese, o obxectivo principal foi mapear e analizar o uso da terra, así como a ocupación e vulnerabilidade ambiental ao subsidiar a zonificación, a planificación e o ordenamento territorial, tomando como caso de estudo a conca hidrográfica do río Ipojuca, Pernambuco / Brasil. Para este fin, procuraremos utilizar o concepto de planificación física, tamén chamado uso e ocupación da terra, para comprender a lóxica de como se usou e ocupou a terra na conca hidrográfica do río Ipojuca ao longo dos anos; así como o concepto de planificación ambiental para asociar a conservación dos recursos naturais coa calidade de vida da poboación da conca, como resultado do seu proceso de ocupación.

A planificación ambiental xurdiu cunha perspectiva ética, vinculada á sustentabilidade. Nas décadas de 1980 e 1990, o triángulo de sustentabilidade composto pola tríada home - ambiente – sociedade, representaba unha perspectiva de desenvolvemento social e económico en harmonía coa contorna física e biolóxica, onde as demandas sociais aínda serían priorizadas, aínda que as restricións ambientais serían unha prioridade aínda máis latente. Nesta perspectiva, a planificación ambiental dunha rexión ten como obxectivo integrar información, diagnosticar o medio ambiente, predicir accións e estandarizar o seu uso a través dunha liña ética de desenvolvemento (SANTOS, 2004).

Desde a década de 1970, o movemento de preservación adquiriu un novo significado e unha nova dimensión, principalmente debido á crise ambiental. O uso da planificación cambia a súa postura cara a un rumbo dirixido a unha maior atención ao control e valorización ambiental subsidiada pola visión integral do territorio, fortalecendo así a proposta de que a planificación ambiental baséase na interacción e integración dos sistemas que conforman o medio ambiente, o que permite unha visión sistémica e holística do medio ambiente ao propoñer o establecemento de relacións entre os sistemas ecolóxicos e os procesos da sociedade, desde as necesidades socioculturais ata as actividades e intereses económicos. A calidade do medio ambiente xa non é un problema do que só se ocupa a clase política e as ONG, senón toda a sociedade. Desenvolvéronse directrices de planificación nas que os planificadores recorren á planificación holística e buscan ser clasificados como axentes imparciais no proceso. A participación da sociedade foi vista como unha ferramenta fundamental para facer boas propostas. Así mesmo, os factores ambientais tamén se consideraron de suma importancia, así como a súa preservación e o mantemento da calidade ambiental.

Aínda que pouco discutido no ámbito da planificación, o problema da escala vai máis aló dunha simple medida da proporción da representación gráfica do territorio. Novas perspectivas suxiren expresar a representación dos diferentes modos de percepción e concepción do real. Para Castro (2001), o enfoque xeográfico do real enfrontase a un problema básico de tamaño,

que varía do espazo local ao planetario, e esta variación en tamaño e problemas cobre as diversas disciplinas, como a Física, a Bioloxía, a Xeomorfoloxía, a Xeoloxía, e moitas outras disciplinas que afrontan o mesmo problema. Con todo, "aínda que estes significados son necesarios e apropiados para os problemas que pretenden medir, a complexidade do espazo xeográfico e as diferentes dimensións e medidas dos fenómenos socioespaciales requiren un maior nivel de abstracción" (CASTRO, 2001, p. 119).

Ao analizar as implicacións do uso da escala no contexto xeográfico, Lacoste (1985) sinala que as diferenzas no tamaño da superficie implicaron diferenzas cuantitativas e cualitativas nos fenómenos analizados. Así mesmo, a heteroxeneidade das configuracións do espazo terrestre resulta de múltiples interseccións entre as configuracións precisas destes diferentes fenómenos, e que a súa visibilidade depende da escala cartográfica apropiada (CASTRO, 2001). Para Lacoste, "a realidade parece diferente segundo a escala dos mapas, segundo os niveis de análises". Así, o problema da escala e as súas implicacións, na procura de superar os vellos discursos sobre a dicotomía entre a escala cartográfica e a escala xeográfica, subjetivó o concepto de escala ao extremo e xerou máis dúbidas que afirmacións sobre este tema (SANTOS, 2012).

No ámbito da planificación, "os plans ambientais clasifican e ordenan o medio ambiente utilizando técnicas que dividen ou integran un espazo dado", o que permite traballar con información en diferentes graos de organización e complexidade (SANTOS, 2004). Para o autor, cando se utiliza a escala na súa perspectiva espacial e temporal, é posible que cada enfoque teña unha profundización cos seus elementos compoñentes e fenómenos que actúan sobre o medio ambiente. Desta forma, cada fenómeno, elemento ou dato na contorna pode representarse por distancias que reproducen as súas dimensións reais e polo período no que inciden e comparten o espazo.

Aínda que moitos investigadores recoñecen estes límites en termos de representación, é común atopar erros no cruzamento de información a diferentes escalas, xa sexa espacial ou temporal. Estamos de acordo con Santos (2004) que é difícil elixir a escala correcta, debido á falta de estudos que discutan as bases teóricas para tal elección. Por tanto, ao determinar a escala, xa sexa espacial ou temporal, para ser utilizada en actividades de planificación, débese ter en conta o sentido común do equipo de traballo e, no caso da escala espacial, evitar realizar representacións espaciais da mesma área a diferentes escalas, xa que poden ocorrer conflitos no cruzamento de información.

Dependendo do territorio para planificar, é necesario realizar aproximacións sucesivas de escalas, de modo que, para cada enfoque, sexa posible elixir unha área de estudo diferente. Para Santos (1989), "as obras que defenden estas concepcións suxiren unha relación proporcional entre o espazo de traballo e a escala". Esta proporcionalidade, segundo o autor, é posible de identificar en diferentes tipos de planificación en Brasil. Con todo, a planificación de diferentes naturezas e obxectivos selecciona diferentes escalas, creando amplitudes de expresión que ás veces son extensas, como no caso dunha conca hidrográfica (SANTOS, 1989, p. 47).

A definición dun límite físico-territorial para levar a cabo estudos de planificación e ordenación territorial é unha actividade complexa, xa que require que o planificador comprenda que o límite elixido é o máis apropiado para analizar e interpretar o conxunto de variables inherentes ás etapas de planificación. Esta complexidade, na interpretación de Santos (2004), débese á "dificultade para delimitar a área de contención de impactos, presións ou fenómenos, así como á variedade de escalas necesarias para a avaliación dos núcleos obxectivo". Santos (2004) considera que, para definir a área de estudo, débense ter en conta algúns aspectos, tales como: a complexidade local, o alcance e o núcleo dos principais problemas rexionais, ademais das escalas necesarias para avaliar os problemas ambientais e o tamaño das unidades territoriais

involucradas. Con todo, o autor sinala que, independentemente destes factores que inflúen no medio ambiente, é común que o equipo a cargo de preparar a planificación defina a conca hidrográfica como unha unidade de planificación, dado que a conca hidrográfica considérase como unidade espacial sistémica e de carácter integrador, que permite comprender a complexidade coa que se establece a interacción entre a natureza e a sociedade, así como avaliar os reflexos producidos por esta interacción nas transformacións socioespaciales que ocorreron co tempo no contexto do espazo xeográfico na súa totalidade.

Comprender a dinámica espacial do territorio circundante sempre foi o desexo dunha sociedade para o seu progreso. Este desexo viuse desde a antigüidade, a partir das referencias das relacións entre a natureza e as actividades humanas, a través da observación do uso da terra e a ocupación. Mesmo hoxe, o estudo e a identificación do uso e a ocupación da terra nun espazo dado han demostrado ser efectivos dentro do alcance da planificación e o ordenamento territorial, xa que é a partir de aí que o planificador poderá identificar o impacto da reprodución social no plano espacial, sexa urbano ou rural, así como identificar as principais actividades antrópicas nel, para propoñer medidas de ordenamento territorial.

No contexto dunha conca hidrográfica, a análise do uso e a ocupación da terra centrado na planificación e o ordenamento territorial ha gañado unha importancia crecente, principalmente debido á súa capacidade para diagnosticar o nivel de apropiación que a poboación exerce sobre os diferentes espazos na conca, converténdose nunha ferramenta esencial para a xestión nas diferentes esferas do goberno, ademais de ser unha ferramenta importante para identificar procesos de degradación e obter información de medios biofísicos e socioeconómicos (SANTOS, 2004). A pesar do recoñecemento da súa importancia por parte de varios investigadores deste ámbito, en Brasil, mesmo hoxe, existe unha desarticulación entre os instrumentos de xestión dos recursos hídricos e os de planificación do uso e ocupación do chan, o que demostra unha falta de lexitimación da planificación e a lexislación vixente, onde predomina a informalidade e a ilegalidade na ocupación da terra (CARNEIRO, 2008). Este factor contribuíu ao crecemento da poboación e a ocupación das concas hidrográficas sen unha planificación adecuada, o que contribúe a acelerar os impactos ambientais resultantes desta ocupación.

Datos da Organización das Nacións Unidas para Alimentación e Agricultura - FAO presentan o status e as tendencias da degradación global do chan do planeta, para os usos inadecuados. Eses datos son altamente preocupantes, pois reflicten as políticas expansionistas e desenvolvimentistas adoptadas por diversos países nas últimas décadas, sen preocuparse coa elaboración de políticas de planificación e ordenamento territorial adecuadas e que visasen as aptitudes relacionadas ao uso e cobertura do chan de cada rexión. Os reflexos desas accións están evidenciados no informe da FAO, onde só 18% dos chans do planeta aínda non foron utilizados. Doutra banda, 25% están altamente degradados, 36% están estables, leve ou moderadamente degradados, 8% están levemente ou moderadamente degradados e só 10% están en proceso de recuperación.

A nivel mundial, a pesar dos avances económicos, os informes do Banco Mundial indican que "aínda que menos persoas viven na pobreza extrema, case a metade da poboación mundial (3.400 millóns de persoas), aínda loita para satisfacer as necesidades básicas" (BANCO MUNDIAL, 2018). En Brasil, as enquisas publicadas polo Instituto Brasileiro de Xeografía e Estatística - IBGE, a través da Síntese de Indicadores Sociais - SIS en 2018, sinalan que a desaceleración económica ha provocado que o país pasase a ter case 2 millóns de persoas máis vivindo na pobreza, o que supón un aumento de aproximadamente o 4% da poboación nesta situación no período 2016/2017 (de 52.8 millóns a 54.8 millóns), o que representa o 26.5% da poboación total do país. No mesmo período, a poboación en condicións de pobreza extrema

pasou de 13,5 millóns a 15,3 millóns, o que representa un aumento de aproximadamente o 13%, de modo que aproximadamente o 7,4% dos brasileiros vivían na liña da pobreza extrema en 2017 (IBGE, 2018).

Do total de 54.8 millóns de persoas que en 2017 vivía na pobreza en Brasil, aproximadamente o 44.8% vivía na rexión Nordés, que representa a uns 25 millóns de persoas, mentres que o 43.1% vivía na rexión Norte do país. Paradoxalmente, esta proporción foi do 12.8% (3.8 millóns de persoas) na rexión Sur. Na rexión Sueste, houbo un aumento do 1.3%, pasando do 16.1% ao 17.4% da poboación no período 2016/2017 (IBGE, 2018).

No caso específico da conca do río Ipojuca, obxecto de estudo desta tese, decidiuse mapear, describir e analizar as diferentes clases de uso no período 2000 a 2015, co fin de establecer un panorama pasado e actual das consecuencias que tiveron as actividades humanas que o afectan. As clases de uso (agricultura ou pasto, pasto, vexetación de campo, bosque aberto, bosque denso, infraestrutura urbana, manglar, masas de auga, praias e dunas) adoptadas nesta investigación baseáronse no proxecto Mapbiomas, cuxo obxectivo é mapear anualmente a cobertura e o uso do chan en Brasil coa participación dunha rede colaborativa composta por varios especialistas en biomas, usos do chan, teledetección, SIG e ciencias da información.

Na conca hidrográfica do río Ipojuca (BHRI), a clase de uso “agricultura e uso de pastos” cobre unha área significativa pois ocupa unha media do 32% da superficie se temos en conta o período de análise desta tese, que vai desde 112,569.55 ha na década de 2000 ata 99,554.94 ha. en 2015. Estas cifras equivalen a unha porcentaxe de 32.74% e 28.95% da conca, respectivamente. Esta variación débese precisamente á influencia que os efectos climáticos teñen na produción agrícola da conca.

As prácticas agrícolas na conca son bastante variadas. Con todo, é posible observar dous aspectos rechamantes, característicos da produción agrícola na conca. Na rexión costeira (húmida), augas abaixo da conca, existe un predominio do monocultivo de cana de azucre producido pola agroindustria nos vales do río Ipojuca e os seus afluentes que, segundo Melo (2012), goberna completamente as actividades humanas e as características da paisaxe da rexión desde mediados do século XVI, asociadas con focos de agricultura familiar en pequenas granxas propiedade de agricultores e residentes que posúen os seus terreos ao redor dos seus fogares ou en áreas previamente proporcionadas polos propietarios. A diferenza da rexión costeira, a rexión denominada “agreste”, augas arriba da conca, caracterízase polo policultivo, onde a ausencia de amplas chairas de inundación significa que o cultivo se estende ao longo do curso do río Ipojuca, nas terrazas baixas que tamén aproveita a estrada que realiza a conexión este-oeste, así como tamén os cultivos e infraestruturas urbanas das cidades de Gravatá, Bezerros, Caruaru, São Caetano, Belo Jardim e Sanharó. Estes cultivos son típicos da agricultura de subsistencia, como o millo, o feixón, a mandioca, o plátano, a batata, a sandía, o melón e o cacahuete, entre outros, xeralmente asociados a pequenas propiedades rurais en forma de granxas.

A cuberta vexetal predominante na conca é: vexetación de campo (campos); bosque aberto e bosque espeso, ademais da vexetación típica dos manglares, que en conxunto ocupan 146,046.73 ha (42.47%) da área total da conca. A vexetación de campo é un tipo de cuberta vexetal con predominio de especies arbustivas e herbáceas que xeralmente aparece preto de áreas asolagadas e ao longo dos cursos de auga. Esta clase ten pouca representación, con só o 3.78%, unicamente superior á vexetación de manglar, que supón o 0.15%.

A diferenza das formacións de campos, os bosques abertos que conforman a paisaxe da BHRI son formacións de vexetación de tamaño mediano, con predominio de especies de dosel semicontínuo, con características de sabana- estepa boscosa e coñecidas no Nordés de Brasil como Caatinga. Na década de 2000, esta clase ocupaba aproximadamente a 36.94% da área da

conca, con 127,023.35 ha. Con todo, debido aos impactos causados polo avance das actividades antrópicas, ao longo dos anos a súa función foi substituída por outros usos e en 2015 esta clase chegou a ocupar o 31.53% da conca, perdendo ao redor do 5.41% da súa área en relación co período anterior.

No dominio do Bosque Atlántico sobreviven poucos fragmentos. Estes atópanse en forma de pequenas illas de vexetación natural no medio de extensos campos de cana ou áreas de policultivo. Tal circunstancia significa que unha gran parte destas áreas, que van desde bosques ombrófilos a bosques estacionais, ven intensamente afectados polos procesos de fragmentación dos hábitats naturais, o que constitúe un factor de risco para a biodiversidade local, xa sexa por ameazas derivadas dos efectos de bordo, xa sexa pola redución e illamento destes fragmentos (PERNAMBUCO, 2010. p. 141).

A clase de uso “infraestrutura urbana”, representada por áreas urbanizadas con predominio de superficies sen vexetación, inclúe estradas, camiños e edificios. Caracterízanse pola construción continua e a existencia de instalacións sociais para funcións urbanas básicas, como vivenda, traballo, recreación e circulación. En 2015, esta clase de uso ocupaba unha extensión territorial de aproximadamente 19,540.00 ha, aproximadamente a 5.68% da área total da conca. A pesar da baixa representatividade en relación coa área total da conca (343,880.22 ha), no período 2000 a 2015 esta clase de uso creceu nun 324%, pasando de 4,612.27 ha a 19,540.00 ha. O impacto do crecemento das áreas de infraestrutura urbana tivo unha incidencia directa na cuberta vexetal da conca, nos corpos de auga e na calidade das ocupacións urbanas nos municipios afectados. A clase de uso “bosque aberto”, por exemplo, perdeu o 5.4% da súa extensión debido a esta ocupación no período analizado, seguido do “bosque denso”, cunha perda de 1.32% no mesmo período. Os municipios que máis chamaron a atención debido ao aumento da súa infraestrutura urbana no período analizado foron Gravatá, Belo Jardim e Caruaru, con 410%, 400% e 266%, respectivamente.

As masas de auga que compoñen a BHRI cubrían aproximadamente 634.84 ha en 2015. Con todo, obsérvase que houbo unha diferenza nos valores atopados en relación con anos anteriores. Esta diferenza debeuse á intermitencia do caudal algúns afluentes que forman a conca, así como á propia intermitencia do río Ipojuca no período analizado.

Na BHRI, os impactos causados por estas insercións antrópicas, resultantes da ocupación non planificada, a construción de grandes condominios, hoteis e pousadas que, asociados cos sistemas de cultivo de terras e o crecente comercio, comezaron a interferir gradualmente de maneira máis intensa na apropiación dos recursos ambientais, provocou cambios significativos na paisaxe, a un ritmo máis intenso que o determinado pola dinámica da natureza mesma que predomina na conca.

En vista destas demandas, a investigación sobre a fragilidade das contornas, xunto coas análises do uso e a ocupación do chan, creceu e adquiriu relevancia nos procesos de planificación e ordenación territorial, dado que estes son instrumentos cuxo propósito é identificar e analizar ambientes en función dos seus diferentes niveis de vulnerabilidade, principalmente fronte a procesos de erosión, esvaramentos de terra, sedimentación de cursos de auga e inundacións, así como formas de apropiación do espazo.

Esta análise integrada permite obter un diagnóstico das diferentes categorías xerárquicas da fragilidade das contornas naturais, co obxectivo de coñecer e comprender a dinámica do sistema e as transformacións que resultan del para apoiar as actividades de planificación na definición de accións prioritarias a tomar, dirixidas a asegurar a calidade dos recursos hídricos e do chan e a conservación da biodiversidade, ademais de medir a capacidade ambiental para adaptarse a novas actividades produtivas co menor risco de degradación (NASCIMENTO & DOMINGUEZ, 2009).

Na conca realizáronse estudos de vulnerabilidade ambiental en función dos seus aspectos xeolóxicos, geomorfolóxicos, pedolóxicos, climatolóxicos e de uso do adoito / cobertura vexetal. Cruzados segundo a metodoloxía proposta por Crepani et al. (2001), deron como resultado a definición de diferentes intervalos de clases de vulnerabilidade: as clases con valores próximos a 1,0 obtéñense onde hai áreas estables, valores próximos a 2,0 cando se acha estabilidade intermedia, e valores próximos a 3,0 onde existen áreas vulnerables. Tamén se poden mostrar cartográficamente a partir dunha combinación de gradacións de cor, que van do verde ao marrón, para representar os diferentes graos de vulnerabilidade / fragilidade de moi baixo a moi alto, respectivamente.

A zonificación proposta para a conca tivo en conta a idea de crear zonas homoxéneas que reflectisen o máis fielmente posible o funcionamento da conca, e que a súa estrutura compartise os diversos sistemas ambientais que a compoñen. Nunha primeira aproximación, definíronse as Macrozonas e as Zonas, tendo como parámetros a xeomorfoloxía, os índices pluviométricos e o uso e ocupación predominante do chan na conca. As macrozonas permiten unha visión máis completa da conca e definíronse en base á observación do patrón de similitude exercido polos seguintes aspectos: xeomorfoloxía, taxas de precipitación mensual, e uso e ocupación do chan. As macrozonas, por tanto, chamáronse “Macrozona Agrestina” e “Macrozona Litoral”, debido ás súas características físicas e ambientais baseadas no cruzamento dos aspectos discutidos con anterioridade, e posteriormente foron axustados ao límite municipal para cuantificar e caracterizar mellor os indicadores que se discutirán nesta investigación. As macrozonas Litoral e Agrestina cobren unha área de aproximadamente 66,084.67 ha e 277,795.54 ha cada unha delas, equivalentes ao 19.22% e o 80.78% do territorio da conca respectivamente. Segundo o Censo Demográfico do IBGE de 2010, a poboación dos 25 municipios que presentan intersección coa conca é de aproximadamente 1,226,385 habitantes, dos que aproximadamente 732,701 residen dentro dos límites xeográficos da conca, con 132,062 (18.03%) na Macrozona Litoral e 600,639 (81.97%) na Agrestina.

Na conca, os cambios no uso e a ocupación do chan, causados polas accións humanas ao longo do tempo, xeraron importantes impactos nas paisaxes. Durante o período analizado nesta investigación (2000 a 2015), notouse que as clases de uso e ocupación do chan experimentaron grandes transformacións, coa substitución gradual das áreas cubertas de vexetación nativa para dar paso principalmente a agricultura, gandería, cría de ovelas e crecemento urbano, de modo que a paisaxe predominante da conca foi substituído gradualmente por unha paisaxe cada vez máis degradado, heteroxéneo e fragmentado, producindo zonas e / ou unidades de paisaxe con diferentes graos de modificación, clasificadas nesta investigación como zonas: a) pouco modificadas; b) moderadamente modificadas; c) altamente modificadas; e d) completamente modificadas.

A zonificación adoptada para a BHRI demostrou ser un instrumento importante para comprender as relacións socioespaciales do seu territorio e un punto de partida fundamental na indicación de suxerencias que se implementarán en forma de accións orientadoras para futuras políticas e / ou actividades de planificación e ordenación territorial para a conca. Así mesmo, permitiu achegarse máis á realidade, baseándose na súa caracterización en diferentes escalas de enfoque, tendo como referencia as categorías de macrozonas e as súas respectivas zonas, o que permitiu outra mirada aos aspectos dos diferentes graos de modificación. da conca. Consistiu nun paso fundamental para o manexo territorial, para que as accións de manexo e conservación que se propoñan sexan funcionais.

É importante sinalar que os indicadores presentados nas diferentes escalas, xa sexa a nivel de macrozonas ou de zonas, revelaron realidades preocupantes para a BHRI, xa que aproximadamente o 57.34% do seu territorio está situado en áreas con niveis entre altos e

completamente modificados, reflexo das actividades antrópicas que ao longo dos anos non tiveron en conta as vulnerabilidades / debilidades dos sistemas ambientais que conforman a paisaxe da conca, o que esixe a implementación e inspección de políticas para regular o uso e a ocupación do chan, considerando as condicións ambientais e legais, así como as características peculiares de cada zona.

Na Macrozona Litoral, as áreas cuxa clase de vulnerabilidade identifícase como moderadamente vulnerable, ocupan só o 1,97% da macrozona, con 1,301.55 ha, e distribúense nas áreas pouco modificadas (0,02%), moderadamente modificadas (0,01%) e completamente modificadas (1,94%). Con todo, é importante ter en conta que estas áreas poden aumentar significativamente se as accións de planificación e ordenación territorial non se pensan e implementan rapidamente, xa que o 74,41% das áreas que compoñen a Macrozona Litoral clasifícanse como moderadamente estables / vulnerables. De acordo coa escala de vulnerabilidade adoptada na metodoloxía proposta por Crepani et al. (2001), estas áreas tenden a evolucionar a un grao moderado de vulnerabilidade ou mesmo a volverse vulnerables, se non se adoptan accións e / ou medidas de mitigación para conter o progreso de degradación causado polas actividades antrópicas, especialmente nas áreas cuxas características se clasifican como completamente modificadas, xa que a súa cobertura na Macrozona Litoral representa o 73,46% (48,551.82 ha), onde o 60,85% (40,215.69 ha) das áreas clasificadas como moderadamente estables / vulnerables da macrozona insérense nesta zona. As áreas estables e moderadamente estables representan o 23,61%.

Cunha realidade diferente da Macrozona Costeira (principalmente en aspectos relacionados coa pluviometría e a produción da agroindustria), na Macrozona Agrestina só se identificaron áreas estables (0,12% - 338.11 ha), moderadamente estables, (38,40% - 106.681,06 ha) e moderadamente estables / vulnerables (61,57% - 170,776.37 ha). Nesta macrozona, as áreas que requiren maior atención son aquelas zonas cun nivel de vulnerabilidade moderadamente estables / vulnerables, como no caso das zonas altamente modificadas, xa que o 33,64% das áreas moderadamente estables / vulnerables que conforman a Macrozona Agrestina áchanse nestas zonas, seguido por un 20,23% de ocorrencia en zonas moderadamente modificadas. As clases estables e moderadamente estables representan 0,12% e 38,40% respectivamente e distribúense nas áreas que conforman a Macrozona Agrestina.

Estes indicadores mostran a importancia de correlacionar os diferentes graos de vulnerabilidade coas zonas e os seus respectivos graos de modificación, xa que contribúen a unha avaliación máis próxima á realidade das condicións socioambientais, a fin de apoiar as medidas preventivas e / ou de mitigación a adoptar á hora de implementar políticas de planificación e ordenación espacial para a conca, facendo que as accións sexan máis efectivas.

Esta realidade actualmente experimentada na conca corrobora as preocupacións de Melo (2012), cando o autor afirma que a rexión na que se atopa a conca ofrece sinais de que xa non soporta a presión antrópica que se produciu ao longo dos anos, o que pode comprometer a súa función como área subministradora de alimentos para a rexión.

Este escenario coloca ao río Ipojuca como un dos ríos máis contaminados de Brasil, o que require accións urxentes de planificación e ordenación espacial, ademais de políticas públicas efectivas destinadas a reverter esta situación, considerando que é unha conca onde a actividade humana é extensiva e tende a xerar certos graos de cambio na paisaxe. Estas accións de planificación deben prestar atención a catro compoñentes principais: áreas urbanas, masas de auga, áreas de agricultura e gandería, e restos de cobertura vexetal.

Cabe sinalar que, aínda que as accións de xestión e planificación indicadas para os compoñentes anteriores están deseñadas para a conca no seu conxunto, os estudos e as propostas de planificación e ordenación territorial deben ter en conta as particularidades de cada

macrozona, dada a identificación de realidades distintas experimentadas pola poboación, especialmente con respecto ao acceso aos recursos hídricos. Na Macrozona Agrestina, por exemplo, durante a investigación realizada observouse que a poboación (principalmente rural) tiña pouco acceso á auga para cubrir as súas necesidades básicas debido á condición de escaseza hídrica experimentada nesta rexión da conca polas peculiaridades dos sistemas meteorolóxicos actuantes na área. Por tanto, o estudo da demanda e a subministración de auga nesta macrozona debe ser considerado prioritario polos axentes que formulan as políticas públicas.

Ademais, as propostas de planificación e ordenación espacial deseñadas para a BHRI deben entenderse non só como un mecanismo de corrección, senón tamén como un estimulador do desenvolvemento, ofrecendo unha oportunidade para o crecemento económico, así como reflectindo a integración harmoniosa entre a sociedade e a natureza.

Palabras clave: concas hidrográficas, zonificación, uso e ocupación do solo, vulnerabilidade ambiental, planificación e organización territorial.





LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 1.1: Localização da área de estudo | 44 |
| Figura 2.1: Fases e procedimentos metodológicos em planejamento ambiental | 60 |
| Figura 2.2: Lista dos objetivos globais para o desenvolvimento sustentável | 68 |
| Figura 2.3: Representação dos planos de abordagem espacial e temporal a serem avaliados em um planejamento ambiental. | 71 |
| Figura 2.4: Matriz institucional de funcionamento do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh). | 82 |
| Figura 2.5: Divisão hidrográfica nacional..... | 83 |
| Figura 3.1: Status e tendências da degradação global do solo. | 92 |
| Figura 3.2: Relação entre degradação do solo e pobreza. | 93 |
| Figura 3.3: População em situação de pobreza no Brasil. | 94 |
| Figura 3.4: Percentual da população em situação de pobreza extrema por região. | 95 |
| Figura 3.5: Distribuição percentual da população em situação de pobreza por unidade da Federação..... | 96 |
| Figura 3.6: Mapa das classes de uso do solo da BHRI no ano 2000. | 101 |
| Figura 3.7: Mapa das classes de uso do solo da BHRI no ano 2005. | 103 |
| Figura 3.8: Mapa das classes de uso do solo da BHRI no ano 2010. | 105 |
| Figura 3.9: Mapa das classes de uso do solo da BHRI no ano 2015. | 107 |
| Figura 3.10: Evolução da classe de uso agricultura e pastagem na BHRI, 2000/2015 (%). | 109 |
| Figura 3.11: Domínio da monocultura da cana-de-açúcar na região litorânea da BHRI. | 110 |
| Figura 3.12: Pequenos bolsões de agricultura familiar entre a paisagem dominante da monocultura da cana-de-açúcar na região litorânea da BHRI..... | 111 |
| Figura 3.13: Agricultura familiar na região agreste da bacia. | 112 |
| Figura 3.14: Cultivo de mandioca e banana às margens do rio Ipojuca. | 112 |
| Figura 3.15: Cultivo de hortaliças. | 112 |
| Figura 3.16: Feira livre do município de Gravatá..... | 113 |
| Figura 3.17: Feira livre do município de Gravatá..... | 113 |
| Figura 3.18: Áreas de pastagens ao longo da bacia. | 113 |
| Figura 3.19: Áreas de pastagens ao longo da bacia. | 113 |
| Figura 3.20: Presença de animais, com aparente degradação vegetal e exposição do solo, município de Sanharó. | 117 |

| | |
|---|-----|
| Figura 3.21: Presença de animais, com aparente degradação vegetal e exposição do solo, município de Sanharó..... | 117 |
| Figura 3.22: Presença de vegetação herbácea-arbustiva no alto curso da bacia..... | 118 |
| Figura 3.23: Classes de cobertura vegetal predominantes na bacia..... | 118 |
| Figura 3.24: Presença de Caatinga arbustiva com árvores esparsas às margens do rio Ipojuca..... | 119 |
| Figura 3.25: Pequeno fragmento florestal em meio ao plantio de cana-de-açúcar no município de Ipojuca..... | 120 |
| Figura 3.26: Pequeno fragmento florestal em meio ao plantio de cana-de-açúcar no município de Escada..... | 120 |
| Figura 3.27: Fragmentos de manguezal no estuário do rio Ipojuca, próximo ao porto de Suape..... | 121 |
| Figura 3.28: Impactos da expansão desordenada da urbanização, município de Escada..... | 122 |
| Figura 3.29: Impactos da expansão desordenada da urbanização, município de Ipojuca..... | 122 |
| Figura 3.30: Impactos da expansão desordenada da urbanização às margens do rio Ipojuca, município de Primavera..... | 122 |
| Figura 3.31: Impactos da expansão desordenada da urbanização às margens do rio Ipojuca, município de Belo Jardim..... | 122 |
| Figura 3.32: Villages à venda em zona de expansão no município de Gravatá..... | 123 |
| Figura 3.33: Loteamentos à venda em zona de expansão, município de Gravatá..... | 125 |
| Figura 3.34: Loteamentos em zona de expansão na franja urbana do município de Caruaru..... | 125 |
| Figura 3.35: Mancha urbana da sede de Caruaru, 2000..... | 126 |
| Figura 3.36: Mancha urbana da sede de Caruaru, 2015..... | 126 |
| Figura 3.37: Exposição da planta do Parque Ecoturístico Karawá, em Gravatá..... | 127 |
| Figura 3.38: Prática de ecoturismo Parque Ecoturístico Karawá, em Gravatá..... | 127 |
| Figura 3.39: Nascente do rio Ipojuca (X 715883 Y 9078429)..... | 127 |
| Figura 3.40: Leito intermitente do rio Ipojuca, município de Gravatá..... | 128 |
| Figura 4.1: Mapa geológico da BHRI..... | 143 |
| Figura 4.2: Classes de vulnerabilidade ambiental da BHRI com base nos aspectos geológicos..... | 147 |
| Figura 4.3: Mapa geomorfológico da BHRI..... | 151 |
| Figura 4.4: Vista aérea da zona estuarina do rio Ipojuca..... | 153 |

| | |
|--|-----|
| Figura 4.5: Terraços de acumulação com presença de restinga na zona estuarina do rio Ipojuca..... | 154 |
| Figura 4.6: Terraços de acumulação com presença de restinga na zona estuarina do rio Ipojuca..... | 154 |
| Figura 4.7: Paisagens formadas por mares de morros..... | 155 |
| Figura 4.8: Paisagem com predominância do afloramento rochoso na região oeste da BHRI..... | 156 |
| Figura 4.9: Mapa hipsométrico da BHRI..... | 157 |
| Figura 4.10: Características do relevo da superfície Sul-Americana..... | 159 |
| Figura 4. 11: Características do relevo da superfície Sertaneja..... | 159 |
| Figura 4.12: Características do relevo das Gravatá | 160 |
| Figura 4.13: Características do relevo do ciclo polifásico Paraguaçu..... | 160 |
| Figura 4.14: Mapa de declividade da BHRI. | 163 |
| Figura 4.15: Classes de vulnerabilidade ambiental da BHRI com base nos aspectos da declividade..... | 167 |
| Figura 4.16: Mapa de solos da BHRI..... | 171 |
| Figura 4.17: Classes de vulnerabilidade ambiental da BHRI com base nos aspectos pedológicos..... | 173 |
| Figura 4.18: Precipitações anuais médias da BHRI..... | 179 |
| Figura 4.19: Precipitações médias mensais da BHRI..... | 181 |
| Figura 4.20: Classes de vulnerabilidade ambiental da BHRI com base nos índices pluviométricos. | 187 |
| Figura 4.21: Classes de vulnerabilidade ambiental da BHRI com base na cobertura vegetal/uso e ocupação do solo, 2015..... | 193 |
| Figura 4.22: Mapa conceitual do modelo. | 196 |
| Figura 4.23: Mapa-síntese da vulnerabilidade ambiental da BHRI, com base em seus aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, climatológicos e de uso do solo/cobertura vegetal..... | 197 |
| Figura 4.24: Síntese da distribuição dos diferentes graus de vulnerabilidade ambiental da BHRI..... | 200 |
| Figura 4.25: Distribuição geográfica das áreas com grau de vulnerabilidade estável, presentes na BHRI..... | 203 |
| Figura 4.26: Distribuição geográfica das áreas com grau de vulnerabilidade moderadamente estável, presentes na BHRI | 205 |

| | |
|--|-----|
| Figura 4.27: Distribuição geográfica das áreas com grau de vulnerabilidade medianamente estável/vulnerável, presentes na BHRI. | 207 |
| Figura 4.28: Distribuição geográfica das áreas com grau de vulnerabilidade moderadamente vulnerável, presentes na BHRI. | 209 |
| Figura 5.1: Padrão proposto para o estabelecimento das macrozonas com base na geomorfologia..... | 217 |
| Figura 5.2: Padrão proposto para o estabelecimento das macrozonas com base na pluviometria..... | 219 |
| Figura 5.3: Padrão proposto para o estabelecimento das macrozonas com base no uso e ocupação do solo. | 221 |
| Figura 5.4: Proposta das macrozonas para gestão e ordenamento territorial da BHRI. | 223 |
| Figura 5.5: Percentual de área por macrozona em relação à BHRI. | 225 |
| Figura 5.6: Densidade demográfica da BHRI. | 229 |
| Figura 5.7: Suavidade dos morros predominantes na macrozona Litorânea, município de Primavera..... | 230 |
| Figura 5.8: Relevo erizado, pedregoso e encostas frequentemente abruptas predominantes na macrozona Agrestina, município de Bezerros. | 230 |
| Figura 5.9: Distribuição das zonas na BHRI (%) | 231 |
| Figura 5.10: Espacialização do zoneamento proposto para a BHRI, levando em consideração os diferentes graus de modificação..... | 233 |
| Figura 5.11: Leito do rio Ipojuca, com a presença de processo erosivo e ausência da mata ciliar..... | 236 |
| Figura 5.12: Paisagem predominante da plantação de cana-de-açúcar nos vales do rio Ipojuca..... | 236 |
| Figura 5.13: Paisagem predominante da plantação de cana-de-açúcar, com a presença de pequenos resquícios de cobertura vegetal..... | 236 |
| Figura 5.14: Degradação do rio Ipojuca provocada pela ocupação irregular e descartes inadequados de dejetos, município de Caruaru. | 241 |
| Figura 5.15: Degradação do rio Ipojuca provocada pelo assoreamento, ocupação irregular e descartes inadequados de resíduos sólidos, município de Belo Jardim. | 241 |
| Figura 5.16: Processo de eutrofização do rio Ipojuca provocado pelo aumento de nutrientes em virtude do lançamento na água de produtos resultantes de atividades industriais e agropecuárias, bem como esgoto doméstico, município de Belo Jardim..... | 242 |

| | |
|--|-----|
| Figura 5.17: Processo de eutrofização do rio Ipojuca provocado pelo aumento de nutrientes em virtude do lançamento na água de produtos resultantes de atividades industriais e agropecuárias, bem como esgoto doméstico, município de Bezerros. | 242 |
| Figura 5.18: Urbanização irregular e processo de eutrofização avançada provocado pelo aumento de nutrientes em virtude do lançamento na água de produtos resultantes de atividades industriais e agropecuárias, bem como esgoto doméstico, município de Gravatá..... | 242 |
| Figura 5.19: Urbanização irregular em encostas com declividade acima de 45°, município de Ipojuca..... | 242 |
| Figura 5.20: Características das zonas altamente modificadas pela atividade agrícola de subsistência, município de Primavera..... | 243 |
| Figura 5.21: Características das zonas altamente modificadas pela pecuária extensiva, município de Bezerros..... | 244 |
| Figura 5.22: Fragmentos florestais que compõem a zona pouco modificada entre os canaviais na macrozona Litorânea. | 246 |
| Figura 5.23: Fragmentos florestais que compõem a zona pouco modificada entre os canaviais na macrozona Litorânea. | 246 |
| Figura 5.24: Fragmentos florestais que compõem a zona pouco modificada. Cachoeira do Urubu, município de Primavera. | 246 |
| Figura 5.25: Vista das zonas pouco modificadas nos divisores de água da BHRI, município de Belo Jardim. | 247 |
| Figura 5.26: Vista das zonas pouco modificadas nos divisores de água da BHRI, município de Belo Jardim. | 247 |



LISTA DE QUADROS

| | |
|--|-----|
| Quadro 2.1: Relação entre o nível, representação e tipos de escalas | 74 |
| Quadro 2.2: Relação entre o nível, representação e tipos de escalas | 74 |
| Quadro 2.3: Relações de comum ocorrência no Brasil entre abrangência territorial e escalas adotadas em planejamento | 75 |
| Quadro 2.4: Marco legal da gestão das águas no Brasil..... | 81 |
| Quadro 2.5: Regiões hidrográficas do Brasil..... | 85 |
| Quadro 3.1: População em situação de pobreza. | 95 |
| Quadro 3.2: Distribuição percentual da população em situação de pobreza por unidade da federação, região Nordeste do Brasil..... | 96 |
| Quadro 3.3: Classes utilizadas para caracterização do uso do solo e ocupação do solo da BHRI..... | 98 |
| Quadro 3.4: Comparativo entre a infraestrutura urbana no período 2000/2015..... | 124 |
| Quadro 3.5: Reservatórios da BHRI. | 128 |
| Quadro 4.1: Avaliação da estabilidade das categorias morfodinâmicas..... | 138 |
| Quadro 4.2: Escala de vulnerabilidade das unidades territoriais básicas..... | 139 |
| Quadro 4.3: Grau de vulnerabilidade ambiental..... | 140 |
| Quadro 4.4: Unidades geológicas na BHRI..... | 141 |
| Quadro 4.5: Características das unidades geomorfológicas presentes na BHRI..... | 159 |
| Quadro 4.6: Classes de declividade e suas características..... | 161 |
| Quadro 4.7: Características físicas das chuvas nas diversas regiões do Brasil..... | 184 |
| Quadro 4.8: Características físicas das chuvas nas diversas regiões do Brasil..... | 185 |
| Quadro 5.1: Critérios estabelecidos para a definição das zonas e seus e seus diferentes graus de modificação..... | 235 |
| Quadro 5.2: Propostas de ações/atividades de gestão a serem levadas em consideração quando da concepção de planos de planejamento e ordenamento territorial para a BHRI..... | 252 |



LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----|
| Tabela 3.1: Características do uso e ocupação do solo da BHRI no período de 2000 a 2015. . | 100 |
| Tabela 3.2: Classes de usos da BHRI, 2015. | 115 |
| Tabela 4.1: Classes de vulnerabilidade ambiental da BHRI com base nos aspectos geológicos. | 145 |
| Tabela 4.2: Classes de vulnerabilidade ambiental da BHRI com base nos aspectos da declividade. | 169 |
| Tabela 4.3: Classes de vulnerabilidade ambiental da BHRI com base nos aspectos pedológicos. | 175 |
| Tabela 4.4: Classes de vulnerabilidade ambiental da BHRI com base nos índices pluviométricos. | 189 |
| Tabela 4.5: Classes de vulnerabilidade ambiental da BHRI com base na cobertura vegetal/uso e ocupação do solo, 2015..... | 191 |
| Tabela 4.6: Quadro-síntese da vulnerabilidade ambiental da BHRI, por município, com base em seus aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, climatológicos e de uso do solo/cobertura vegetal. | 199 |
| Tabela 5.1: População residente total, rural e urbana e densidade demográfica por macrozona e municípios que fazem interface com a BHRI. | 227 |
| Tabela 5.2: Abrangência das macrozonas/zonas, conforme graus de modificação, por municípios e classes de uso e ocupação do solo na BHRI. | 239 |
| Tabela 5.3: Abrangência espacial das macrozonas/zonas, conforme seus graus de modificação na BHRI. | 248 |
| Tabela 5.4: Correlação entre as diferentes classes de vulnerabilidade e sua ocorrência nas macrozonas e nas zonas da BHRI. | 249 |



SUMÁRIO

| | |
|--|-----|
| 1. INTRODUÇÃO | 41 |
| 1.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO | 43 |
| 1.2 OBJETIVOS INVESTIGADOS NA PESQUISA | 45 |
| 1.3 ESTRUTURA DA PESQUISA | 46 |
| 1.4 CRITÉRIOS E PROCEDIMENTOS DE PESQUISA | 47 |
| | |
| 2. A BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE PLANEJAMENTO E ORDENAMENTO TERRITORIAL | 51 |
| 2.1 PLANEJAMENTO E ORDENAMENTO TERRITORIAL: REVISÃO DA LITERATURA E CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA | 51 |
| 2.1.1 Aspectos históricos | 51 |
| 2.1.2 Aspectos conceituais | 56 |
| 2.1.2.1 Tipos de planejamento | 61 |
| 2.1.2.1.1 Planejamento Ambiental | 63 |
| 2.1.3 Implicações do uso da escala no planejamento e ordenamento territorial | 68 |
| 2.1.3.1. Uso da escala temporo-espacial no planejamento e ordenamento territorial | 70 |
| 2.1.4 A bacia como unidade de planejamento e ordenamento territorial | 76 |
| | |
| 3. MAPEAMENTO E ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO COMO SUBSÍDIO AO PLANEJAMENTO E ORDENAMENTO TERRITORIAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS | 89 |
| 3.1 MAPEAMENTO E ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA DO RIO IPOJUCA, NO PERÍODO DE 2000 A 2015 | 97 |
| 3.1.1 Agricultura e pastagem na BHRI | 109 |
| 3.1.2 Cobertura vegetal na BHRI | 117 |
| 3.1.3 Infraestrutura urbana na BHRI | 121 |
| 3.1.4 Corpos d'água da BHRI | 127 |

| | |
|---|------------|
| 4. A VULNERABILIDADE AMBIENTAL COMO SUBSÍDIO AO PLANEJAMENTO E ORDENAMENTO TERRITORIAL - ESTUDO DE CASO DA BACIA DO RIO IPOJUCA - PE/BRASIL | 133 |
| 4.1 ANÁLISE DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA BHRI COM BASE EM SEUS ASPECTOS GEOLÓGICOS, GEOMORFOLÓGICOS, PEDOLÓGICOS, CLIMATOLÓGICOS E DE USO DO SOLO/COBERTURA VEGETAL | 140 |
| 4.1.1 Características da vulnerabilidade/fragilidade ambiental da BHRI com base em seus aspectos geológicos | 140 |
| 4.1.2 Características da vulnerabilidade/fragilidade ambiental da BHRI com base em seus aspectos geomorfológicos | 149 |
| 4.1.3 Características da vulnerabilidade/fragilidade ambiental da BHRI com base em seus aspectos pedológicos | 169 |
| 4.1.4 Características da vulnerabilidade/fragilidade ambiental da BHRI com base em seus aspectos climatológicos | 176 |
| 4.1.5 Características da vulnerabilidade/fragilidade ambiental da BHRI com base em seus aspectos da cobertura vegetal e uso e ocupação do solo | 190 |
| 4.2 QUADRO-SÍNTESE DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA BHRI | 195 |
| 5. ZONEAMENTO E ORDENAMENTO TERRITORIAL: UMA PROPOSTA PARA A BACIA DO RIO IPOJUCA - PE/BRASIL | 213 |
| 5.1 PROPOSTA DE ZONEAMENTO PARA A BHRI..... | 216 |
| 5.1.1 Zonas Completamente Modificadas | 236 |
| 5.1.2 Zonas Altamente Modificadas | 242 |
| 5.1.3 Zonas Pouco e Medianamente Modificadas | 245 |
| 5.2 PROPOSTAS DE AÇÕES A SEREM CONSIDERADAS QUANDO DA ELABORAÇÃO DE PLANOS DE PLANEJAMENTO E ORDENAMENTO TERRITORIAL PARA A BRHI | 248 |
| 6. CONCLUSÕES..... | 253 |
| REFERÊNCIAS..... | 259 |

1. INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica, enquanto unidade de análise geográfica, é produto das relações sociais complexas pautadas nas suas múltiplas dimensões, sejam elas políticas, econômicas, culturais, espaciais ou ecológicas, e apresenta como características uma construção social, derivada das práticas de desenvolvimento moldado pela sociedade que ali habita, ao exercer suas interações por meio das atividades sobre o espaço geográfico. Essa construção social está submetida a relações de poder e devem estar reguladas a partir de normas, regras e instâncias formais e informais segmentadas ao longo dos eixos das diversas classes/grupos/indivíduos sociais (SILVA, 2013).

Desse modo, em uma bacia, como em qualquer outro sistema, há que se destacar três grandes elementos que compõem seu sistema territorial, são eles: a estrutura, a função e a imagem que é transmitida para o observador. Conforme observado por Orea e Villarino (2013), a estrutura se manifesta nos componentes que formam o sistema; a função se dá pelos fluxos que percorrem pelos canais de relacionamento e que dão funcionalidade ao sistema; de modo que ambos se manifestam na imagem que é percebida pela população, de maneira polissensorial e subjetiva, dando a ideia de paisagem. A esses três elementos, deve-se adicionar um quarto, de natureza diferente, contudo, intrínseco aos sistemas, que é o tempo ou a evolução temporal do mesmo.

Nesse contexto, ressalta-se que as atividades de planejamento e ordenamento territorial são inerentes ao processo evolutivo do homem, que desde os primórdios da humanidade adaptou seu habitat às suas necessidades – sendo o surgimento da agricultura e a domesticação de animais marcos significativos nesse processo – e continuará inevitavelmente a fazê-lo no futuro, modificando e adaptando os componentes do sistema territorial, a exemplo do meio físico, através das formas com que a população se apropria do espaço geográfico por meio da definição de regras de uso e ocupação do solo, produção e consumo, além das relações sociais com as quais pessoas, instituições e agentes se relacionam e estruturam a sociedade.

Com o avanço tecnológico, a relação do homem com a natureza ficou mais próxima, dando ao homem a possibilidade de intervir e de modificar a dinâmica ambiental, de modo mais intenso, conforme suas necessidades, estabelecendo um novo padrão de exploração do meio

ambiente. Ainda assim, atualmente, apesar de vários debates acerca dos impactos negativos ao meio ambiente provocados pela intensificação das atividades humanas, nota-se a escassez de propostas de planos e programas de planejamento integrado voltados para o ordenamento territorial em bacias hidrográficas. Isso resulta em importantes alterações ambientais, cuja magnitude desses impactos varia de acordo com as limitações e vulnerabilidades ambientais das diferentes unidades de paisagem que compõem uma bacia. Essas alterações, provocadas pelas ações antrópicas no meio físico e biótico, evidenciam a capacidade de degradação que o desenvolvimento de atividades possui, num determinado território, sem contar com um planejamento e ordenamento adequado; com o uso e o consumo dos recursos naturais, sem levar em consideração a capacidade de carga do meio ambiente. Sabe-se que os sistemas ambientais atuantes numa bacia hidrográfica possuem dinâmicas diferenciadas em virtude do ambiente no qual estão inseridos. Destarte, ao propor ações de planejamento e ordenamento territorial, deve-se ressaltar a necessidade da realização de estudos técnico-científicos que almejem conhecer e entender as vulnerabilidades e/ou fragilidades dos ambientes estudados, bem como conscientizar a população envolvida no processo sobre a importância do manejo e uso adequado dos recursos naturais, de modo a propor medidas para minimizar ou reverter os processos de degradação ambiental.

Assim, corrobora-se com as preocupações de Ross (2009), quando o autor ressalta que em função de todos os problemas ambientais, decorrentes das práticas econômicas predatórias que têm marcado a história recente no Brasil, torna-se cada vez mais urgente a implementação de políticas onde o planejamento e ordenamento territorial em bacias, voltados não só para a perspectiva econômica, mas também no viés ambiental, sejam implementados de forma eficaz. De modo que as preocupações dos agentes envolvidos no processo ultrapassem os limites dos meros interesses de desenvolvimento econômico e tecnológico, devendo, contudo, visar o desenvolvimento que leve em conta não só as potencialidades dos recursos naturais, mas, sobretudo, as fragilidades dos ambientes naturais perante as diferentes inserções dos homens na natureza (ROSS, 2009, p. 52).

Orea e Villarino (2013), ao tratar do tema ordenamento territorial, reconhecem a polissemia do termo. Para os autores, é difícil encontrar uma definição precisa, pois o mesmo é aplicado de forma diferente, conforme entendimento de quem o utiliza. Embora sua utilização sempre se dê em torno de três elementos: atividades humanas, o espaço em que elas estão inseridas e o sistema que entre ambos é concebido. De modo que, ordenar um território significa identificar,

distribuir, organizar e regular as atividades humanas naquele território, de acordo com certos critérios e prioridades. Todavia, seria possível falar, portanto, de organizar as atividades humanas em um espaço capaz de acomodá-las ou de ordenar o uso e ocupação do solo. Assim, Orea e Villarino (2013), ao citarem a sentença 77/84 do Tribunal Constitucional Espanhol e a Lei de Planejamento do Território da Cantábria em suas pesquisas, relatam respectivamente que o *“objetivo da organização territorial é (...) a delimitação dos vários usos aos quais a terra ou o espaço físico territorial pode ser destinado”* e o planejamento da terra é *“o conjunto de critérios, normas e planos que regulam as atividades e assentamentos no território, a fim de alcançar uma relação adequada entre território, população, atividades, serviços e infraestrutura”* (OREA E VILLARINO, 2013, p. 40).

O foco desta tese foi direcionado com base nesses pressupostos. Para tanto, há de se reconhecer que a bacia hidrográfica é uma unidade de análise reconhecida pela comunidade científica, capaz de reunir todos os critérios para sua utilização como unidade básica de referência para a elaboração de estudos voltados para o planejamento e ordenamento territorial de determinado espaço geográfico, haja vista esse tipo de formação natural abrigar as relações intrínsecas entre os aspectos físico-ambientais e os agentes atuantes em seu território, provendo uma visão holística e sistêmica do seu território.

Com isso, surgem duas indagações relevantes: qual a importância de se utilizar bacias hidrográficas como unidades de análise? de que maneira as pesquisas realizadas para mapear e avaliar as características do uso e ocupação do solo e da vulnerabilidade ambiental, em paisagens que compõem os sistemas ambientais dessas bacias, contribuem para a implementação de ações assertivas de planejamento e ordenamento territorial?

1.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Para o entendimento e resolução das questões acima, esta tese definiu como objeto de pesquisa a Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca - BHRI. A bacia está localizada em sua totalidade no estado de Pernambuco, Brasil, entre as latitudes de 8°09'50" e 8°40'20" de latitude sul, e 34°57'52" e 37°02'48" de longitude oeste, possuindo uma área de aproximadamente 343.880,22 ha, ocupando cerca de 3,49% do território do estado de Pernambuco (figura 1.1).

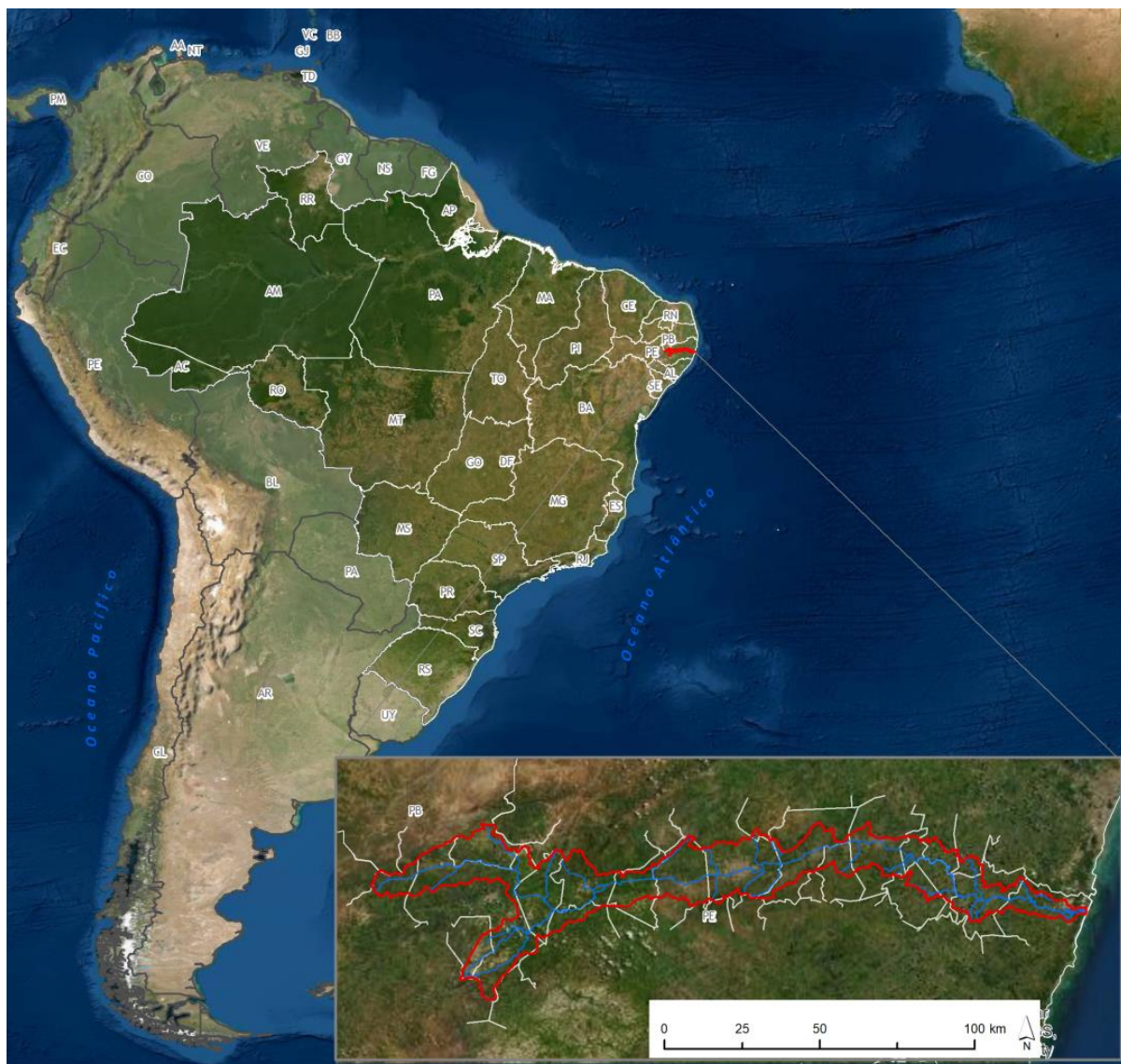


Figura 1. 1: Localização da área de estudo.
 Fonte: Esri, Digital Globe, USGC, 2020.

A bacia limita-se ao norte com a bacia do rio Capibaribe e o estado da Paraíba; ao sul com as bacias dos rios Una e Sirinhaém; a leste com as bacias de pequenos rios litorâneos e o Oceano Atlântico; e a oeste com as bacias dos rios Ipanema e Moxotó e o estado da Paraíba. (PERNAMBUCO, 2010). Com aproximadamente 320 km de extensão, a bacia do rio Ipojuca está orientada no sentido oeste-leste. Sua principal nascente está localizada nas encostas da serra do Pau d'Arco, no município de Arcoverde, a uma altitude de aproximadamente 900 m (figura 3.39), sendo seu regime fluvial intermitente até seu médio curso, tornando-se perene nas proximidades da cidade de Caruaru. Ao longo do seu percurso, o rio Ipojuca banha diversas sedes municipais, com destaque para os municípios de Bezerros, Caruaru, Escada, Chã Grande, Gravatá, Ipojuca, Primavera, São Caetano e Tacaimbó. Seus principais afluentes pela margem

direita são os riachos Liberal, Taquara e do Mel; pela margem esquerda, os riachos do Coutinho, dos Mocós, do Muxoxo e Pata Choca. O processo de ocupação e desenvolvimento espacial da BHRI foi fortemente influenciado pelas condições climáticas, em um território dominado por baixas precipitações e regimes semiáridos. Em virtude de sua configuração longitudinal, a bacia é caracterizada por diferentes paisagens e, consequentemente, por diferentes organizações sociais e culturais.

1.2 OBJETIVOS INVESTIGADOS NA PESQUISA

Diante das características apresentadas pela BHRI, a presente pesquisa teve como objetivo geral mapear e analisar o uso e ocupação do solo e a vulnerabilidade ambiental como subsídio ao zoneamento, planejamento e ordenamento territorial, tendo como estudo de caso a bacia hidrográfica do rio Ipojuca, Pernambuco/Brasil.

Para auxiliar na resolução do objetivo geral, foram propostos e organizados em uma sequência lógica seis objetivos específicos visando fornecer o amparo necessário ao cumprimento do objetivo geral e consequentemente a sustentação da tese a ser defendida, a saber:

- Revisar a literatura disponível que dialogasse com os conceitos de uso e ocupação do solo, vulnerabilidade/fragilidade ambiental, voltados para o zoneamento, planejamento e ordenamento territorial em bacias hidrográficas;
- Contextualizar historicamente as ações de planejamento e ordenamento territorial tendo a bacia como unidade de análise;
- Mapear e analisar o uso e ocupação do solo da bacia considerando o período 2000 a 2015;
- Identificar e analisar os principais impactos ambientais na BHRI decorrentes do processo de ocupação e seus vetores de expansão;
- Mapear e analisar a vulnerabilidade ambiental da BHRI, com base na pedologia, geologia, geomorfologia, pluviosidade, uso e ocupação do solo/cobertura vegetal, utilizando álgebras de mapas;

- Propor macrozonas e zonas com diferentes graus de modificação correlacionando-as com a vulnerabilidade para dar subsídios aos futuros projetos de planejamento e ordenamento territorial para a BHRI.

1.3 ESTRUTURA DA PESQUISA

Para se chegar aos objetivos propostos nesta pesquisa, dividiu-se a presente tese em seis capítulos, incluindo a introdução e a conclusão, na tentativa de abarcar os diversos temas que cercam a questão do planejamento e ordenamento territorial voltados para bacias hidrográficas, em especial a bacia hidrográfica do rio Ipojuca.

No primeiro capítulo, de caráter introdutório, é realizada uma contextualização preliminar sobre questões acerca do tema planejamento e ordenamento territorial tendo as bacias hidrográficas como unidades de análise. Apresenta também as questões de pesquisa, os objetivos geral e específicos, a estrutura da pesquisa e os procedimentos metodológicos propostos para dar suporte à elaboração desta tese.

No segundo capítulo, foi feita uma reflexão teórico-conceitual, discutindo-se temas como bacias hidrográficas, zoneamento, planejamento e ordenamento territorial e suas escalas de análises. Esses conceitos foram tratados à luz de diversos autores que, sob diferentes visões, contribuíram para o entendimento da problemática do mapeamento e análise do uso e ocupação do solo e da vulnerabilidade ambiental no subsídio ao zoneamento, planejamento e ordenamento territorial, com foco em bacia hidrográfica.

No terceiro capítulo, tratou-se do tema uso e ocupação do solo, onde foram discutidas as tendências de degradação do solo a nível global, bem como a sua importância para a compreensão da dinâmica espacial no contexto da BHRI. Foram definidas as classes de Agricultura ou pastagem, Pastagem, Vegetação campestre (campos), Floresta aberta e Floresta densa, Infraestrutura urbana, Mangue, Corpos d'água e Praias e dunas para compor o mapeamento comparativo e as análises dos diferentes usos, no período de 2000 a 2015, com intervalo de cinco anos. Os dados obtidos foram espacializados em mapas temáticos com base nas classes de uso acima e dispostos em tabelas por município para facilitar a compreensão do processo de ocupação da bacia e a possibilidade de analisar isoladamente a influência dos municípios nesse processo.

No quarto capítulo, foi realizado estudo da vulnerabilidade ambiental da bacia, onde foram discutidos diversos estudos sobre o tema, como as propostas elaboradas por Tricart, Ross e

Crepani, dentre outros. As análises dos resultados oriundos dos estudos da vulnerabilidade ambiental da BHRI possibilitaram identificar os diferentes graus de vulnerabilidades da mesma. Este estudo tomou como base a metodologia elaborada por Crepani *et al.*, (2001), que ao cruzar (utilizando álgebras de mapas) os aspectos pedológicos, geológicos, pluviométricos, geomorfológicos de uso e ocupação do solo/cobertura vegetal incidentes na bacia, possibilitou a elaboração de um mapa síntese de vulnerabilidade da BHRI. Os resultados auferidos foram espacializados em mapas temáticos e distribuídos em tabelas por municípios, dando subsídios para ações de planejamento e ordenamento territorial da bacia.

O quinto capítulo abordou o tema zoneamento como instrumento de planejamento e ordenamento territorial. Inicialmente, procurou-se, com base em diversos autores, investigar e consolidar a ideia da importância de se identificar, distribuir, organizar e regular as atividades humanas com o propósito de ordenar um território e regular suas atividades. Nessa perspectiva, foram propostas macrozonas com base nos temas: geomorfologia, pluviosidade e o uso e ocupação do solo, o que permitiu uma visão mais abrangente da bacia. Posteriormente, foram definidas zonas e/ou unidades de paisagem a partir dos seus diferentes graus de modificação, classificadas como zonas: a) pouco modificadas; b) medianamente modificadas; c) altamente modificadas; e d) completamente modificadas. Essas zonas foram correlacionadas com as classes de vulnerabilidade estabelecidas no capítulo 4 desta tese, o que permitiu propor ações/atividades de gestão a serem levadas em consideração quando da concepção de planos de planejamento e ordenamento territorial para a BHRI. O sexto capítulo trata das principais conclusões, sobre o tema abordado nesta tese.

1.4 CRITÉRIOS E PROCEDIMENTOS DE PESQUISA

Os procedimentos metodológicos adotados para se discutir e compreender o tema planejamento e ordenamento territorial em bacias hidrográficas buscaram alcançar uma compreensão mais próxima da realidade do objeto de estudo. Para tanto, foi estabelecido utilizar métodos de pesquisa quantitativos e qualitativos. Os dados quantitativos coletados foram estruturados em quadros e tabelas e serviram para subsidiar a realização de análises estatísticas, o que permitiu validar as questões de pesquisa. Do mesmo modo, a pesquisa qualitativa, de caráter subjetivo, foi utilizada para coletar informações que não buscam apenas medir o tema abordado, mas descrevê-lo usando impressões, opiniões e pontos de vista a partir de pesquisas de campo e leitura de bibliografia sobre a bacia estudada.

Inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica de documentos publicados sobre os temas centrais abordados nesta tese, o que permitiu a construção do capítulo 2, abordando os aspectos evolutivos e histórico-conceituais sobre bacias hidrográficas, planejamento e ordenamento territorial e tipos de zoneamento.

Nas análises do uso e ocupação do solo da bacia, objeto de discussão do capítulo 3, além das pesquisas de campo realizadas entre os anos de 2017/2018, foram utilizados dados do mapeamento do projeto MapBiomas do período de 2000 a 2015, com intervalo de cinco anos. O Projeto MapBiomas é uma iniciativa do Observatório do Clima, criado e desenvolvido por uma rede multi-institucional envolvendo universidades, ONGs e empresas de tecnologia com o propósito de mapear anualmente a cobertura e uso do solo do Brasil e monitorar as mudanças do território. Feito o *download* (da área de interesse) dos dados no formato matricial (pixel de 30 x 30 m) da cobertura e uso do solo, oriundas da classificação de imagens Landsat, os mesmos foram reclassificados e convertidos para vetores em *softwares* de geoprocessamento, tendo como parâmetros as classes de uso Agricultura ou pastagem, Pastagem, Vegetação campestre (campos), Floresta aberta, Floresta densa, Infraestrutura urbana, Mangue, Corpos d'água, Praias e dunas, onde foi possível tabular e espacializar em cartogramas, dando suporte à construção das análises e às narrativas do capítulo 3.

Já o mapeamento síntese, que permitiu identificar áreas com maior ou menor grau de vulnerabilidade/fragilidade, foi elaborado com base nas concepções teórico-metodológicas de Jean Tricart (1977), ao discutir o conceito de ecodinâmica estabelecendo os diferentes graus de estabilidade e instabilidade ambiental, na ampliação do conceito de ecodinâmica preconizada por Ross (1990 e 1994) ao estabelecer que as unidades ecodinâmicas estabelecidas por Tricart poderiam ser classificadas em estáveis ou de instabilidade emergente em vários graus de fragilidade, desde a instabilidade muito fraca até muito forte. Esse mesmo critério foi aplicado para as unidades ecodinâmicas estáveis, pois, apesar de estarem em equilíbrio dinâmico, acabam por apresentar instabilidade potencial qualitativamente previsível, face as suas características naturais e a sempre provável e possível inserção humana (ROSS, 2008, p. 73). Essa redefinição do conceito para as unidades ecodinâmicas proposto por Ross (1990 e 1994) foi fruto das necessidades que emergiram com a aplicação em pesquisas em bacias hidrográficas com potencial hidroenergético e em áreas urbanas com problemas de inundações.

Essa abordagem foi complementada pela metodologia de Crepani (2001), que defende que as unidades ecodinâmicas podem ser estabelecidas por meio de uma escala de valores relativos,

levando em consideração o balanço entre a pedogênese/morfogênese. Nessa metodologia, o autor organiza seus estudos a partir da reinterpretação das informações temáticas disponíveis que são compostas pelo banco de dados elaborado em ambiente SIG (mapas geomorfológicos, geológicos, pedológicos e de cobertura e uso do solo).

Em função da complexidade e da dimensão dos procedimentos envolvidos nos estudos ambientais, os fenômenos e variáveis não ocorrem de forma estanque, não existe uma linha que separa exatamente o limite entre os diversos sistemas ambientais. Partindo dessa premissa, a utilização de álgebras de mapas, vinculadas aos Sistemas de Informação Geográfica – SIG se mostrou uma importante ferramenta na realização de tarefas complexas a partir da integração e representação de dados espaciais (relevo, solo, geologia, vegetação, clima, recursos hídricos etc.) em projetos que necessitam de processamentos rápidos e eficientes, de grandes bases de dados, como é o caso dos estudos de vulnerabilidade/fragilidade ambiental para fins de ordenamento territorial.

Por fim, a partir das análises oriundas dos capítulos 3 e 4, no quinto capítulo foi proposto um zoneamento para a bacia, onde a mesma foi dividida, levando em conta os parâmetros físico-ambientais, em macrozonas Agrestina e Litorânea. A partir dessas macrozonas foram identificadas, tabuladas e espacializadas em diferentes escalas de análises (bacia, macrozonas e município), diferentes zonas conforme seus graus de modificação em: pouco, médio, alto e completamente modificadas, o que possibilitou a proposição de ações/atividades de gestão a serem levadas em consideração quando da concepção de planos de planejamento e ordenamento territorial para a BHRI, destacando os diferentes graus de interferência das ações antrópicas sobre os sistemas naturais, considerando as tendências de intensificação e evolução dos processos.



2. A BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE PLANEJAMENTO E ORDENAMENTO TERRITORIAL

2.1 PLANEJAMENTO E ORDENAMENTO TERRITORIAL: REVISÃO DA LITERATURA E CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA

2.1.1 Aspectos históricos

Desde a antiguidade, a organização do espaço sempre foi uma premissa para grupos de pessoas que se propõem a viver numa sociedade, sob objetivos e normas comuns (SANTOS, 2004). Naquele período, já se percebia formas de planejamento quando da transformação dos ambientes naturais em áreas de cultivo. Santos (2004) relata que as primeiras informações históricas sobre planejamento do espaço retratam aldeias ligadas à prática da pesca e/ou agricultura na Mesopotâmia por volta de 4000 a.C. Nessas aldeias, a ordenação do território levava em consideração condicionantes ambientais como topografia e microclima. Registros da época apontam que os primeiros planejadores, tidos como “planejadores profissionais”, eram, na realidade, autoridades religiosas preocupadas com a organização das cidades, onde planejavam seu espaço buscando atender aos preceitos religiosos, de estética e de conforto (SANTOS, 2004).

Para Silva (2003), as noções de planejamento e utilização adequada do espaço urbano e rural remonta a milênios, e, talvez, a ideia de sustentabilidade, conforto e estética na ordenação do território não seja tão nova. No período entre 1500 a.C. a 1200 d.C., a população andina, principalmente a cultura Tiwanaku, deixou grandes avanços para a ciência, como as técnicas de cultivos em “camellones” (sistema de irrigação) para as planícies e “andenes” (terraceamento com pedras) para as encostas, além de um legado arquitetônico na construção de suas cidades (ESCALANTE, 1994 *apud* SILVA, 2003).

Observa-se, entretanto, que os planejadores da época, ao longo do tempo, passaram a pensar o ordenamento territorial, deixando de lado o viés meramente de crescimento econômico ou de planejamento físico, para abordarem a questão ambiental de forma mais ampla. Eles propunham que os estudos buscassem entender o funcionamento e a estrutura dos ecossistemas e sugeriram que intervenções de qualquer natureza não podiam preterir de uma abordagem interdisciplinar, onde os fatores que compunham o meio físico-biótico-socioeconômico

deveriam ser considerados, assim como suas inter-relações, sob a ótica de diferentes especialistas (SILVA, 2003).

Para Santos (2004), essa preocupação ganhou força após a difusão de diversos estudos no campo da ecologia, como a teoria da evolução de Darwin, o conceito de ecossistema elaborado por Tansley e as relações entre cadeia trófica e meio abiótico apontadas por Linderman, ao discutirem a reorientação da relação homem e meio.

Sem dúvida, a prática da agricultura foi a maior intervenção do homem no meio ambiente desde a antiguidade (SILVA, 2003), fato que marcou as primeiras intervenções na organização do território, com a introdução de técnicas de irrigação feita por canalização da água para atender as aldeias localizadas no Oriente Médio limitadas entre os vales dos rios Tigre e Eufrates (GOIS, 2010). Nesse mesmo período, muitas construções voltadas para a organização territorial da agricultura foram realizadas no Egito, com destaque para as barragens escalonadas no rio Nilo, onde havia uma forte preocupação no controle das cheias e seus impactos na produção de alimentos.

Conforme apontado por Gois (2010):

a Grécia Antiga foi celeiro de grandes destaques do desenvolvimento tecnológico voltados para a organização do território, onde, ainda no século VI a.C., foram desenvolvidas técnicas para captação e distribuição de água a longa distância, destacando, entre outras, a construção de um túnel para a condução da água em uma localidade chamada “*Samos*” que foi considerado, cem anos após, por Heródoto, como a maior obra de planejamento que teria havido até então (GOIS, 2010, p. 26-27).

Aqui cabe ressaltar, também, a influência da Escola Francesa durante o movimento romântico do final do século XVIII, ao refletir em seus estudos uma expressão social de cunho ambiental, em que enfatizava a relação entre disponibilidade hídrica e preservação de mananciais em suas propostas de planejamentos de recursos hídricos e saneamento.

Santos (2004) afirma que paralelamente aos fatos históricos:

as ciências foram construídas pelo homem. Primeiro, a partir da observação holística da realidade, com elementos da natureza analisados em sua totalidade (...). Depois, por diversos caminhos, as ciências foram, paulatinamente, fragmentando a paisagem e compreendendo de maneira particularizada e minuciosa as partes componentes de um sistema que se mostrava complexo e diversificado. Foi criado o tempo da partição, sistematização, aprofundamento e especificidade do conhecimento. Dessa forma, criaram-se conceitos em vários campos do saber, com métodos e escalas específicos. De certa maneira, a história das ciências e os paradigmas que governaram as sociedades refletiram-se na forma de idealizar os processos de organização territorial, através dos chamados planejamentos setoriais. A cidade foi

composta e planejada “por partes”, sem a preocupação de torná-las interativas (SANTOS, 2004, p. 16).

Na Europa, no final do século XIX, conforme enfatizado pela autora, eram poucos aqueles que se preocupavam com a construção de cidades aliada à conservação dos elementos da natureza. Era muito comum, ao analisar o processo de desenvolvimento de uma cidade, perceber estruturas que implicavam em um planejamento setorial, em que a organização do espaço se dava conforme a sua ocupação. Em algumas cidades europeias, o planejamento territorial era feito em função da circulação interna da água, como no caso de Veneza. Na visão de Santos (2004):

a preocupação sobre os impactos produzidos pelo homem em centros urbanos tornou-se mais evidente entre os gregos, sendo Aristóteles considerado o “grande teórico da cidade”. Essa perspectiva de planejamento – voltada à cidade – perdura no tempo, da Grécia Antiga à época da Revolução Industrial, formulando uma base teórica sobre construções de núcleos populacionais, seja dos pontos de vista religioso ou estético, seja dos pontos de vista estrutural, político, econômico e social (SANTOS, 2004, p. 16).

De acordo com Gois (2010), na Europa, no âmbito do panorama histórico do planejamento, a revolução industrial, iniciada na Inglaterra e impulsionada pela máquina a vapor, tornou-se a principal força geradora de movimento e aceleração do processo produtivo, causando forte impacto socioeconômico e ambiental. A implantação de saneamento básico nas cidades industriais, bem como a administração e legislação desses serviços, iniciou-se somente em meados do século XIX, com a demanda por água em virtude do crescimento populacional. Contudo, o planejamento intensivo por parte do Estado só teve início ao fim da I Guerra Mundial, quando a sociedade se encontrava na obrigação de se reconstruir.

De acordo com Pereira (2000), o planejamento em sua acepção moderna, contemporânea, tem início apenas no século XX, apesar de que vários dos seus instrumentos de ordem técnica já existissem desde o final do século XVIII. Entretanto, para o autor, a não aplicação desses princípios em sua escala maior – planos territoriais – deveu-se mais a razões políticas, pois o período entre o fim das guerras napoleônicas e a I Guerra Mundial caracterizou-se pelo amplo predomínio da ideologia liberal, que teve como expressão político-econômica máxima o *laissez-faire* (PEREIRA, 2000).

No período mais recente, com o rompimento ideológico, permitiu-se que o planejamento em uma escala mais ampla fosse aplicado. Assim, a primeira nação a utilizar práticas de planejamento como ferramenta de ordenamento territorial e como instrumento governamental

de orientação econômica foi a antiga União Soviética, com a crise de 1929. Entretanto, sua prática foi difundida para outros países periféricos do bloco comunista e depois para países de economia capitalista, após a II Guerra Mundial (GOIS, 2010).

No Ocidente, os primeiros registros nesse sentido datam de 1933, com a implementação pelos Estados Unidos de um plano econômico a fim de minimizar os efeitos negativos na economia americana causados, também, pela crise de 1929. De acordo com Ortega, Cerqueira e Silva (2016, p. 18), o então recém-eleito presidente Franklin Delano Roosevelt (1933-1945) lançou o *New Deal* (Novo Acordo), assim denominado, que teve como principais medidas: a) reativar os setores de atividades fundamentais – bancos, indústria, agricultura, energia elétrica, transportes; b) estabelecer um novo contrato social, um novo pacto social com vistas a retomar o crescimento econômico e a redução do desemprego; c) instituir a semana de 40 horas de trabalho e a proibição do trabalho infantil; d) reconhecer a liberdade de organização e o direito de greve; e) implementar um programa de grandes obras públicas; f) instituir um sistema de “bolsa trabalho” para desempregados; g) criar um programa de habitação popular; e, por fim, h) implementar um programa de segurança alimentar, o *Food Stamps*, para reduzir a fome. Segundo Pereira (2000), o mundo estava entrando em uma época em que planejar era preciso.

Para Ortega, Cerqueira e Silva (2016), a ideia subjacente às propostas do *New Deal* era “transformar o Estado em agente indutor e planejador, com vistas a reduzir os impactos da crise econômica que se abateu sobre a economia norte-americana, desde a quebra da bolsa de valores de Nova York em outubro de 1929”. Segundo Pinto (2019), a estratégia de planejamento econômico estatal aproximava o *New Deal* dos planos quinquenais adotados na URSS, que intensificaram a industrialização soviética em um período de profunda crise econômica do capitalismo ocidental. As medidas adotadas pelo governo americano foram inspiradas nas ideias do economista John Keynes, que previa a garantia do pleno emprego dos trabalhadores.

O estímulo à contratação de trabalhadores, buscando uma situação de pleno emprego da população economicamente ativa e as ações de seguridade social estimulariam o consumo da população, aquecendo a produção industrial, agrícola e de serviços em todos os níveis. Além disso, a intermediação dos sindicatos nas negociações das reivindicações tentava evitar violentos conflitos, garantindo a ordem social. Essa perspectiva de atuação econômica via o capitalismo como um modo de produção integrado, no qual o aumento do consumo, principalmente dos trabalhadores, estimularia um desenvolvimento em cadeia de todos os setores econômicos (PINTO, 2019).

As ações previstas no *New Deal* tiveram sucesso, fato que revigorou a economia norte-americana, de modo que, dez anos após sua implantação, os EUA se aproximaram dos

patamares econômicos em que se encontravam em 1929. Cabe destacar que o êxito obtido pelas ações implementadas pelo *New Deal* influenciaram as políticas econômicas na Europa Ocidental. O *Welfare State*, ou as políticas de bem-estar social, proporcionaram o boom econômico do pós-guerra. O Estado garantia uma distribuição menos desigual de renda e criava infraestruturas necessárias a uma vida digna para a maioria da população, investindo em saúde, educação e transporte (PINTO, 2019).

É notório que, historicamente, foram trabalhados diversos tipos de planejamento setorial, cuja discussão central era, em sua maioria, voltada para o planejamento urbano e as múltiplas funções exercidas por uma cidade, porém, com maior desenvolvimento teórico de planejadores setoriais da área econômica e de recursos hídricos.

Segundo Pereira (2000),

na literatura técnica internacional, o caso mais importante, que verdadeiramente marca o início do planejamento, com uma visão de região-tema – região-problema, é o do TVA – Tennessee Valley Authourity – que, pela primeira vez na história, enfrenta uma problemática aplicando, de forma ampla, os instrumentos modernos de planejamento: tecnológicos, econômicos e sócio-políticos (PEREIRA, 2000, p. 268).

A partir de 1930, a experiência acumulada ao longo dos anos sobre planejamento das águas resultou no desenvolvimento de métodos multicritérios associados a avaliações de custo/benefício. No entendimento de Santos (2004), essas estratégias objetivavam a tomada de decisão em relação às alternativas de demandas ou múltiplos usos da água. Nesse período, ainda que incipientes, os estudos voltados para o planejamento e ordenamento territorial, tendo como referência a qualidade e quantidade de água disponível como recurso natural, já abordavam o caráter integrador do meio, dando ênfase assim à antiga ideia de planejamento baseado em bacias hidrográficas (SANTOS, 2004).

No Brasil, conforme apontado por Pereira (2000), a primeira ação de planejamento, com mais amplitude e organização, ocorre em 1939, através do Plano Quinquenal de Obras e Reparcelhamento da Defesa Nacional. Embora não se tratasse propriamente de um plano, sendo apenas uma lista de investimentos, deu uma importante contribuição ao conceito de planejamento no país, devido ao seu prazo de duração (cinco anos) e dispor de orçamento especial. Contudo, Pereira (2000) ressalta que suas ações não duraram o tempo previsto e não se sabe ao certo o seu grau de implantação.

O planejamento econômico como tal começou em 1942, quando o governo brasileiro contratou os serviços de um grupo de dez engenheiros e outros especialistas

chefeado por Edward S. Taub, um engenheiro civil, todos eles dos Estados Unidos. Este grupo produziu um plano de investimento para um período de dez anos e que iria custar um total de quatro bilhões de dólares. O interesse dos Estados Unidos nesta atividade era empregar o Brasil como área piloto a fim de testar métodos modernos de desenvolvimento econômico. O relatório foi conservado secreto durante muitos anos, e no fim da guerra, assim como do Estado Novo, o assunto foi abandonado (DALAND, 1969 *apud* PEREIRA, 2000, p. 268).

2.1.2 Aspectos conceituais

A definição de planejamento tem sido bastante discutida no âmbito das geociências. De maneira geral, os pesquisadores mantêm-se numa perspectiva em que acreditam que o planejamento é um meio sistemático de caracterizar as condições atuais de determinado espaço geográfico como ponto de partida, para em seguida determinar aonde se quer ir e promover meios de se alcançar esse objetivo. Na visão de Silva (2003), não é tão simples elaborar um conceito preciso e imutável na área das ciências humanas como o é na área das ciências exatas. Na matemática ou na física, por exemplo, cita o autor, os conceitos são precisos e raramente pode-se mudá-los; porém, quando se fala em planejamento, praticamente cada indivíduo tem a sua própria concepção (SILVA, 2003).

Segundo Conyers e Hills (1984, p. 3), o planejamento é “um processo contínuo que envolve decisões ou escolhas sobre modos alternativos de usar os recursos disponíveis, com o objetivo de alcançar metas específicas em algum momento no futuro”.

Seguindo o mesmo ponto de vista de Conyers e Hills (1984), Santos (2004) conceitua o planejamento como:

um processo contínuo que envolve a coleta, organização e análises sistematizadas das informações, por meio de procedimentos e métodos, para chegar a decisões ou a escolhas acerca das melhores alternativas para o aproveitamento dos recursos disponíveis (SANTOS, 2004, p. 24).

Desse modo, a finalidade do planejamento é atingir metas específicas que devem estar voltadas primordialmente para a melhoria da qualidade de vida e desenvolvimento. Ainda segundo a autora, o objetivo do planejamento é orientar instrumentos metodológicos, administrativos, legislativos e de gestão para a execução de uma atividade em determinado espaço e tempo. Para Silva (2003):

a definição desses autores incorpora os principais pontos incluídos em outras definições e expressa os mais importantes passos de planejamento: a tomada de decisão ou escolha envolvendo as diversas maneiras alternativas, e qual a melhor para se alcançar os mesmos objetivos; o uso ou alocação de recursos, que podem ser

naturais, humanos, financeiros ou de infraestrutura; os caminhos alternativos para alcançar as metas traçadas, envolvendo metas realísticas, decisões políticas e participação popular; e, finalmente, planejando para o futuro, que envolve prognóstico ou previsões aproximadas do que pode acontecer e, mais especificamente, previsão dos resultados das alternativas propostas, que determina qual delas deverá ser adotada (SILVA, 2003, p. 30).

Nessa perspectiva, o planejador não pode trabalhar na base do método empírico, mas sim baseado num estudo aprofundado de todo o contexto presente onde o planejamento e o planejador estão inseridos. O planejamento requer compreensão dos problemas e distribuição harmônica das especialidades, isto é, requer conhecimento amplo que deve derivar da utilização de métodos científicos que o permeiam e orientam (SILVA, 2003).

Na visão de Cornely (1980), o planejamento possui alguns elementos básicos: a previsão, que está associada à delimitação do tempo disponível; os meios, que devem buscar a minimização dos esforços para o arranjo do espaço e que devem ser propostos de forma conjunta com a sociedade; e os fins, que representam os resultados, que devem implicar na otimização do espaço para a sociedade.

No entendimento de Vasconcelos (1992), ao defini-lo como uma atividade de proposições, ele afirma que o planejamento não é uma atividade descritiva ou de interpretação. Ele chama atenção para o fato de que o objetivo do planejador não é o de descrever/interpretar o mundo, mas de propor maneiras para mudar as coisas, de modo que a descrição é apenas uma das fases inseridas dentro da estrutura do planejamento.

Ferreira (1999) conceitua o planejamento como:

ato ou efeito de planejar; trabalho de preparação de qualquer empreendimento, segundo roteiros e métodos determinados, planificação; processo que leva ao estabelecimento de um conjunto coordenado de ações (pelo governo, pela direção de uma empresa etc.) visando à consecução de determinados objetivos; elaboração de planos ou programas governamentais, especialmente na área econômica e social, enquanto planejar significa “fazer o plano ou planta de; projetar, traçar; fazer o planejamento de; elaborar um plano ou roteiro de; programar, planificar” (FERREIRA, 1999, p. 1582).

Para Zoido *et al.* (2013), o planejamento é uma “*ação humana para prever, a curto, médio ou longo prazo, a evolução de uma variável sujeita a processos complexos ou a um componente complexo da realidade natural, econômica ou social*” (ZOIDO *et al.* 2013, p. 284, tradução nossa). Assim, na visão dos autores, o planejamento geral é uma denominação genérica aplicada aos instrumentos destinados a estabelecer um ordenamento integral no âmbito municipal ou regional. Os autores definem ainda diversos tipos de planejamentos que estão associados a

normas e objetivos específicos, são eles: planejamento estratégico, planejamento territorial, planejamento urbanístico, planejamento físico, planejamento indicativo, planejamento regulado, planejamento setorial e planejamento urbano, dentre outros.

Na proposta defendida por Christofolletti (2002), o planejamento se estabelece em duas etapas: planejamento estratégico e planejamento operacional. O planejamento estratégico, geralmente, envolve um conjunto de pesquisas, discussões, assessorias e negociações relacionando-se a tomadas de decisões, a longo e médio prazo. Já o planejamento operacional é orientado para a ação, definido como o conjunto de atividade-controle, voltado para a implementação dos planos a serem executados.

Ao contrário do que se pensa no senso comum, o planejamento não é uma ciência nem uma técnica, muito menos apenas um método. De acordo com Cornely (1980), o planejamento é o somatório de todos os itens citados. O autor relata ainda que:

os planejadores preocupam-se com a distribuição racional das populações e atividades econômicas e sociais no espaço. Com a alocação de recursos, eliminação das disparidades, diferenças regionais e proteção ambiental. (CORNELY, 1980, p. 9).

Para o autor, a estrutura elaborada requer uma teoria. Assim, o embasamento teórico será o norteador dos primeiros passos e de todo o caminho até os resultados finais, podendo falhar ao ignorar os interesses das classes dominantes, de políticos ou do conjunto de interesses e valores da população inserida na área estudada. A ideologia, conforme Vasconcelos (1992), pode atuar também em um contexto negativo, como proliferador das diferenças e das desigualdades que se busca eliminar.

Para Ferreira (1983), o planejamento é o contrário da improvisação, e pode ser visto como:

a) uma atividade básica, como planejar o roteiro casa/trabalho; b) uma escolha racional, como um processo de determinação de futuras ações apropriadas, através de uma sequência de escolhas; c) um controle de uma ação futura, ou seja, o planejamento existe quando o processo inclui a implementação, e as consequências devem ser controladas; d) uma maneira especial de resolver problemas: os planejadores usam dados imprecisos, ao contrário das ciências, e são orientados para a ação.

De certo modo, percebe-se que os diversos entendimentos sobre o planejamento não são antagônicos e sim complementares, pois são voltados a fornecer subsídios à gestão e ao ordenamento territorial, de modo que as três esferas governamentais e a sociedade civil possam, em conjunto, ter embasamento para a tomada de decisão (GOIS, 2010).

Embora o planejamento seja uma atividade contínua, é necessário que ele seja realizado por um período de tempo específico e deve ser constantemente monitorado. O processo de planejamento exige uma abordagem interdisciplinar, envolve diferentes projetos específicos e áreas geográficas predefinidas, a exemplo de bacias hidrográficas, objeto de estudo desta tese.

Dessa forma, para se compreender como é formado o processo de planejamento, é necessário saber distinguir as suas diferentes fases. Vários processos estão inseridos dentro da composição da atividade de um planejamento. Segundo Santos (2004), a sequência de fases é variável, pois existem diversos tipos de planejamento, diferentes objetivos e várias estruturas metodológicas (ver figura 2.1).





Figura 2.1: Fases e procedimentos metodológicos em planejamento ambiental.
Fonte: Santos, 2004.

Basicamente, a estrutura é formada por fases que visam à pesquisa (aquisição e organização de dados), à análise (compreensão do meio), e à síntese (a aplicação dos conhecimentos na tomada de decisões).

Pode-se realizar a classificação de um planejamento através da determinação da sua ótica e da designação do seu tipo. Santos (2004) diferencia as óticas entre: programática – composta pelo projeto, programa, plano, elementos das diretrizes já especificados; temporal – período de duração (curto, médio e longo prazo); territorial/administrativo – nacional, federal, estadual e municipal.

2.1.2.1 Tipos de planejamento

Geralmente, para se entender o espaço geográfico na sua plenitude socioespacial, os planejadores buscam tipificar os planejamentos sob diversas óticas. Nesse contexto, Santos (2004) evidencia que os planejamentos venham adjetivados com palavras que definam ou caracterizem sua natureza de ação. Para a autora, os adjetivos permitem identificar o tema abordado, a área de estudo ou o setor de atividade (socioeconômico, agrícola, arquitetônico, recursos naturais, dentre outros). Desse modo, essa classificação permite que os planejamentos sejam agrupados em diversos tipos, de acordo com o adjetivo considerado para sua classificação e o referencial a ser adotado (SANTOS, 2004). São eles: abrangência espacial; natureza das atividades; operacional.

Quanto à abrangência espacial, o planejamento pode ser subdivido em: local, sendo relacionado a uma área pontual; bacia hidrográfica; municipal e estadual, de limites territoriais legais; ou regional, que abrange uma área que pode ser limitada por municípios, bacias hidrográficas ou paisagens comuns. Outros tipos de planejamento que levam em consideração a abrangência espacial são classificados como nacional e internacional, que, respectivamente, lidam com demandas envolvendo todo o país ou mais de um país. Ressalta-se, entretanto, que a depender dos diferentes níveis de abrangência espacial, é necessário utilizar diferentes escalas geográficas de trabalho no âmbito do planejamento.

No tocante à natureza do escopo ou das atividades, Santos (2004) afirma que o planejamento pode ser categorizado como: socioeconômico, agrícola, arquitetônico e ambiental. Já os de natureza operacional, são os planejamentos voltados para um determinado projeto ou atividade, sendo os planos setoriais e/ou planos de áreas integradas os mais utilizados, que, nesses casos, podem envolver várias atividades ou integrar diversas áreas de trabalho. Esses

planejamentos voltados para os planos setoriais, envolvem geralmente as atividades de planejamento urbano, rural, ambiental, econômico etc.

Na visão de Santos (2004), os planejamentos de abrangência espacial e operacional diferem no enfoque, de modo que, ao elaborar um planejamento levando em consideração a abrangência espacial, o planejador enfatiza o território; sendo de natureza operacional, enfatiza-se a ação.

Há também alguns tipos de planejamento voltados de acordo com a natureza dos objetivos a serem aplicados. Nesses casos, os mais comuns são da área econômica, a exemplo do planejamento anticíclico, que visa manter a estabilidade da economia ao lidar com variações de mercado, ou o planejamento emergencial, que visa combater situações de riscos (SANTOS, 2004). O planejamento físico, também denominado de uso e ocupação da terra, pretende disciplinar as atividades humanas, levando em consideração o aproveitamento das potencialidades de cada região.

Diante dos diversos tipos de planejamento, há autores que preferem realizar uma simplificação tipológica para facilitar sua aplicação. No caso de Petak (1980 *apud* SANTOS, 2004, p. 26), ele tipifica o planejamento em dois tipos: o denominado tradicional, ou tecnológico, e o ambiental, ou ecológico. Para o autor:

o tecnológico teria uma abordagem voltada para a solução de problemas e ao cumprimento de tarefas. Teria, portanto, uma visão segmentária, tática e determinista, com variáveis quantitativas e conhecidas. O ecológico, por sua vez, apresentaria uma abordagem preditiva, de orientação sistêmica, priorizando os fins. Seria então holístico, estratégico e probabilístico, com variáveis qualitativas e subjetivas (1980 *apud* SANTOS, 2004, p. 26).

Todavia, o autor ressalta que há problemas na aplicação dos dois tipos de planejamento. Para ele, o planejamento tradicional ou tecnológico tende a focar na situação imediata e tratar somente dos sintomas dos problemas, podendo agravá-los, em alguns casos. Enquanto que, o planejamento ambiental ou ecológico, por utilizar uma quantidade excessiva de dados e análises de longo prazo, dificulta ou mesmo inviabiliza a implementação de programas.

Apesar das dificuldades em aplicar os diversos tipos de planejamento, esta pesquisa utiliza como base de aplicação para seus estudos o planejamento ambiental ou ecológico, pela possibilidade de realizar uma abordagem holística e sistêmica dos efeitos do uso e ocupação da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca - BHRI.

2.1.2.1.1 Planejamento Ambiental

Nos itens anteriores, foram discutidos diversos conceitos e denominações de planejamento. Percebeu-se, entretanto, que o foco do planejamento sempre está voltado para o desenvolvimento de atividades contínuas, tem caráter integrador e sempre está direcionado para a tomada de decisões. Sua implementação em determinado espaço geográfico depende da natureza dos seus objetivos e de critérios estabelecidos quando do seu processo de formulação.

No Brasil, o planejamento com o viés ambiental ganhou ênfase no final da década de 1970 e início da década de 1980, em virtude do aumento significativo do processo de urbanização, que fez com que aumentasse a competição por terras, água, recursos energéticos e biológicos. Nesse período, foram travadas várias discussões sobre a importância do planejamento ambiental como ferramenta capaz de compatibilizar o uso e ocupação da terra com a proteção de ambientes ameaçados e de melhorar a qualidade de vida das populações (SANTOS, 2004).

Na década de 1990, a ONU definiu o planejamento ambiental como um processo que interpreta os recursos naturais como o “substrato” das atividades do homem que nele se assenta e sobre ele se desenvolve, buscando melhorar a qualidade de vida.

Diante dos conceitos atribuídos ao planejamento, Santos (2004) ressalta que muito tem que se avançar sobre os “nomes” e “sobrenomes” dados ao planejamento, pois, conforme apontado pela autora:

com grande frequência, eles são mal denominados, ou porque o adjetivo não se refere efetivamente à proposta de trabalho, ou porque sugere uma linha de ação que não corresponde ao conteúdo. (...) Um mesmo planejamento, por exemplo, pode ser regional, agrícola, físico e de cunho ecológico. O que preponderar? Depende, obviamente, da ênfase do conteúdo, da linha do planejamento (SANTOS, 2004, p. 26).

Portanto, “quando se depara com o ‘sobrenome’ dos planejamentos, seja no Brasil ou fora dele, percebe-se que, muitas vezes, a referência segue mais pelo senso prático e comum de um respectivo grupo do que por uma reflexão acadêmica” (SANTOS, 2004, p. 26). Desse modo, alerta a autora que a preocupação com o ‘sobrenome’ é importante, tendo em vista que ele não só retrata a linha primordial de ações e suas bases teóricas como também pode influenciar a seleção, a importância e o papel dos executores do planejamento e tomadores de decisão.

Nesta tese, buscar-se-á utilizar os conceitos de planejamento físico, também denominado de uso e ocupação da terra, para se entender a lógica de como se deu uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do rio Ipojuca ao longo dos anos bem como o planejamento ambiental, no

intuito de associar a conservação dos recursos naturais à qualidade de vida da população da bacia, decorrente do seu processo de ocupação.

Para Silva (2003, p. 8), alguns autores “*consideram que o planejamento ambiental consiste num conjunto de metodologias e procedimentos para avaliar as consequências ambientais de uma ação proposta (demanda) e as contraposições entre as aptidões e usos dos territórios a serem planejados (oferta), identificando possíveis alternativas a esta ação*”.

De acordo com Almeida *et al.* (1993 *apud* SILVA, 2003), a primeira estuda a problemática econômica e social da população e define os objetivos a alcançar, chamada de demanda; e a segunda examina as características do meio em que se desenvolve a atividade humana, definindo as possibilidades atuais e potenciais de atender as demandas, denominada de oferta.

Na proposta discutida por Orea (1992), o planejamento ambiental:

inclui uma grande diversidade temática em torno de três eixos: a) planos dirigidos à prevenção e/ou correção de problemas ambientais de caráter setorial (contaminação do ar ou da água, erosão do solo, desmatamento etc.); b) planos orientados à gestão de recursos ambientais: água, solo, ecossistemas etc., que se confundem na prática com o planejamento de recursos naturais; e c) prevenção e/ou conservação ambiental em seu conjunto (OREA, 1992, p. 227).

Na visão de Santos (2004), o planejamento ambiental ainda não tem uma definição precisa, pois se confunde com outros tipos de planejamentos (territorial, setorial) acrescidos da palavra ambiental. A autora apresenta o conceito “como um estudo que visa à adequação do uso, controle e proteção ao ambiente, além do entendimento das aspirações sociais e governamentais expressas, ou não, em uma política ambiental”.

No planejamento ambiental:

o ambiente é interpretado tanto no que se refere às questões humanas, quanto físicas e bióticas. Portanto, são diversas as abordagens e as definições que recebe, com um entrelaçamento de conceitos que se mesclam. Corroborando o que afirma Slocombe, o planejamento ambiental “ora se confunde com o próprio planejamento territorial, ora é uma extensão de outros planejamentos setoriais mais conhecidos (urbanos, institucionais e administrativos) que foram acrescidos da consideração ambiental”. Indo mais longe: alguns confundem, por exemplo, planejamento ambiental com planejamento físico, planejamento geocológico, planejamento estético da paisagem, plano de manejo, zoneamento ambiental, planejamento de uso sustentável (...). Às vezes, o planejamento ambiental é chamado erroneamente de gerenciamento ambiental, que é um momento interativo de uma proposta de ordenamento, na qual o planejamento ambiental predomina nas primeiras fases do processo (...). O planejamento ambiental surgiu como uma resposta adversa ao desenvolvimento tecnológico, puramente materialista, buscando o desenvolvimento com um estado de bem-estar humano, ao invés de um estado de economia nacional. O planejamento

ambiental vem como uma solução de conflitos que possam ocorrer entre as metas da conservação ambiental e do planejamento tecnológico. (SANTOS, 2004, p. 27).

Desse modo, o planejamento ambiental surgiu aliado a uma perspectiva ética, ligada à sustentabilidade. Nas décadas de 1980 e 1990, o triângulo da sustentabilidade composto pela tríade [homem – meio ambiente – sociedade] representava uma perspectiva de desenvolvimento social e econômico em harmonia com o meio físico e biológico, onde as demandas sociais ainda seriam priorizadas, porém as restrições do ambiente seriam uma prioridade ainda mais latente. Nessa perspectiva, o planejamento ambiental de uma região visa a integrar informações, diagnosticar o ambiente, prever ações e normatizar seu uso através de uma linha ética de desenvolvimento (SANTOS, 2004).

Sob esse enfoque, estão aqueles que se preocupam com a conservação das bases materiais e com os impactos resultantes das lógicas sociais e econômicas que regem uma determinada área de interesse. Assim, os princípios do planejamento ambiental se remetem, diretamente, aos conceitos de sustentabilidade e multidisciplinaridade, os quais, por sua vez, exigem uma abordagem holística de análise para posterior aplicação. Espera-se que temas biológicos, físicos e socioeconômicos sejam tratados de forma integrada e possibilitem ações práticas direcionadas a soluções de problemas (SANTOS, 2004, p. 27).

Após a II Guerra Mundial, os planejamentos realizados tinham um maior enfoque na busca pelo crescimento econômico, uma vez que o objetivo do planejamento, o desenvolvimento de uma área, naquele período, estava atrelado a uma concepção determinada por parâmetros econômicos. Segundo Cornely (1980), o planejamento nos países capitalistas ganha ênfase na década de 1940, na Europa, com a aplicação do Plano Marshall, que visava à reconstrução da Europa após a Guerra Fria, através da recuperação da independência econômica e financeira dos países europeus.

A partir da década de 1970, o movimento preservacionista ganhou um novo significado e uma nova dimensão, principalmente em razão da crise ambiental. O uso do planejamento muda de postura para um viés voltado com maior atenção ao controle e valorização ambiental subsidiada pela visão integral do território, fortalecendo, assim, a proposta de que o planejamento ambiental se fundamenta na interação e integração dos sistemas que compõem o ambiente. Dessa forma, possibilita uma visão sistêmica e holística do ambiente ao propor o estabelecimento das relações entre os sistemas ecológicos e os processos da sociedade, das necessidades socioculturais a atividades e interesses econômicos.

Nesse período, a qualidade do meio ambiente deixa de ser assunto tratado apenas pela classe política e por ONGs para ser tratado por toda a sociedade. Foram desenvolvidas as diretrizes do planejamento, onde os planejadores se voltam para um planejamento holístico e buscam ser classificados como agentes imparciais no processo. O envolvimento da sociedade foi considerado como uma ferramenta fundamental para a realização de boas proposições. Do mesmo modo, os fatores ambientais também foram considerados de suma importância, assim como sua preservação e manutenção da qualidade ambiental.

Com a intensificação do crescimento econômico mundial e os impactos provocados pelo processo de industrialização, os problemas ambientais se agravaram, iniciando um movimento global e uma tomada de consciência desses problemas (GOIS, 2010).

Desde então, vários movimentos e/ou encontros foram realizados para discutir a questão ambiental no âmbito do planejamento e ordenamento territorial. Em 1962, a publicação do livro *Primavera Silenciosa*, da autora Rachel Carson, marcou o início dos primeiros alertas sobre os impactos ambientais provocados pelo uso de pesticidas químicos sintéticos na agricultura. No ano de 1972, a ONU realizou a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, em Estocolmo, na Suécia, para debater questões relacionadas à degradação ambiental. Essa conferência é reconhecida, até os dias de hoje, como um marco nas tentativas de melhorar as relações do homem com o meio ambiente. Ao final da conferência, foram elaborados 19 princípios que representavam um “Manifesto Ambiental”, onde abordavam a necessidade de “inspirar e guiar os povos do mundo para a preservação e a melhoria do ambiente humano”. O manifesto estabeleceu as bases para a nova agenda ambiental do sistema das Nações Unidas (ONU, 1972).

Em 1987, foi publicado o Relatório Brundtland, conhecido como *Nosso Futuro Comum*. O referido relatório apontou para a incompatibilidade entre desenvolvimento sustentável e os padrões de produção e consumo vigentes, além de discutir o conceito de desenvolvimento sustentável como sendo “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”. À época, fez uma série de críticas ao modelo de desenvolvimento adotado pelos países industrializados e reproduzido pelas nações em desenvolvimento, além de ressaltar os riscos do uso excessivo dos recursos naturais sem considerar a capacidade de suporte dos ecossistemas. As críticas feitas pelo Relatório Brundtland serviram de base para a realização, em 1992, no Rio de Janeiro, da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento – CNUMAD,

que ficou mundialmente conhecida como ECO-92 ou “Cúpula da Terra”. Essa conferência colocou o tema desenvolvimento sustentável diretamente na agenda pública, de uma maneira nunca antes feita.

A Agenda 21, documento elaborado quando da realização da ECO-92, adotou o princípio de “Pensar globalmente, agir localmente”, e tem sido a mais ampla tentativa já empreendida para a orientação de um novo padrão de desenvolvimento da sociedade no século XXI, visto que, seu fundamento tem como base a associação da sustentabilidade ambiental, social e econômica no âmbito de todas as suas ações propostas. A agenda elenca uma série de objetivos a serem alcançados pelas sociedades para atingir a sustentabilidade. Sua proposta é que todas as decisões no âmbito do desenvolvimento sejam um processo público e participativo, além de propor que o planejamento e a implementação de políticas para o desenvolvimento sustentável tenham como base a participação e mobilização dos cidadãos na formulação das políticas. As principais ações da Agenda 21 incluem: proteger a atmosfera; combater o desmatamento, a perda de solo e a desertificação; prevenir a poluição da água e do ar; deter a destruição das populações de peixes; e promover uma gestão segura dos resíduos tóxicos (ONU, 1992).

Entretanto, a Agenda 21:

foi além das questões ambientais para abordar os padrões de desenvolvimento que causam danos ao meio ambiente. Elas incluem: a pobreza e a dívida externa dos países em desenvolvimento; padrões insustentáveis de produção e consumo; pressões demográficas e a estrutura da economia internacional. O programa de ação também recomendou meios de fortalecer o papel desempenhado pelos grandes grupos – mulheres, organizações sindicais, agricultores, crianças e jovens, povos indígenas, comunidade científica, autoridades locais, empresas, indústrias e ONGs – para alcançar o desenvolvimento sustentável (ONU, 1992).

Em 2002, a Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável foi realizada em Johannesburg, África do Sul, e ficou conhecida como Rio+10, cujo objetivo foi fazer um balanço das conquistas, desafios e das novas questões surgidas desde a Cúpula da Terra de 1992. Foi uma cúpula de “implementação”, concebida para transformar as metas, promessas e compromissos da Agenda 21 em ações concretas e tangíveis (ONU, 1992). A Conferência de Johannesburg produziu dois documentos importantes: a Declaração sobre o Desenvolvimento Sustentável e o Compromisso para o Desenvolvimento. Além desses dois documentos, foram reiterados os três pilares do desenvolvimento sustentável fixados na cúpula do Rio de Janeiro: proteção do meio ambiente, desenvolvimento social e desenvolvimento econômico (GOIS, 2010).

Em 2012, a Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável, denominada de Rio+20, volta a ser realizada no Rio de Janeiro. Mais uma vez, o objetivo da conferência foi a renovação do compromisso político com o desenvolvimento sustentável, por meio da avaliação do progresso e das lacunas na implementação das decisões adotadas pelas principais cúpulas sobre o assunto e o tratamento de temas novos e emergentes (ONU, 2012). Na oportunidade, a economia verde, no contexto do desenvolvimento sustentável e da erradicação da pobreza, e a estrutura institucional para o desenvolvimento sustentável foram os principais temas debatidos na conferência.

Em 2015, na sede da ONU, em Nova York, foi realizado o último encontro da Cúpula de Desenvolvimento Sustentável. Nele, todos os países da ONU definiram os novos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS como parte de uma nova agenda de desenvolvimento sustentável que deve finalizar o trabalho dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio – ODM. O documento final desse encontro estabelece 17 objetivos de desenvolvimento sustentável e 169 metas, cuja proposta é o atendimento até 2030. A figura 2.2 apresenta os 17 objetivos a serem alcançados.



Figura 2.2: Lista dos objetivos globais para o desenvolvimento sustentável.
Fonte: ONU, 2015.

2.1.3 Implicações do uso da escala no planejamento e ordenamento territorial

(...) o termo escala encontra-se de tal modo incorporado ao vocabulário e ao imaginário geográficos que qualquer discussão a seu respeito parece desprovida de sentido, ou mesmo de utilidade. Como recurso matemático fundamental da cartografia, a escala é, e sempre foi, uma fração que indica a relação entre as medidas do real e aquelas da sua representação gráfica. Porém, a conceituação de escala, como esta relação apenas, é cada vez mais insatisfatória, tendo em vista as possibilidades de reflexão que o termo pode adquirir, desde que liberto de uma perspectiva puramente matemática (CASTRO, 2001, p. 117).

Para Racine *et al.* (1983), os geógrafos, por terem consagrado a carta topográfica – modelo geométrico-matemático – adotaram o conceito de escala tal como foi definido e empregado pela cartografia. As consequências desse empréstimo têm sido consideráveis para a geografia,

porque esta não dispõe, de fato, de um conceito próprio de escala e não é evidente que o da cartografia lhe seja apropriado.

Apesar de pouco discutido, o problema da escala vai além de uma medida de proporção da representação gráfica do território. Assim, novas perspectivas surgiram no sentido de expressar a representação dos diferentes modos de percepção e de concepção do real. Para Castro (2001), a abordagem geográfica do real enfrenta um problema básico do tamanho, que varia do espaço local ao planetário, e essa variação de tamanho e de problemas abrange as várias disciplinas, a exemplo da física, da biologia, da geomorfologia, da geologia e tantas outras que enfrentam o mesmo problema. Entretanto, “embora estas acepções sejam necessárias e adequadas aos problemas aos quais elas se propõem a mensurar, a complexidade do espaço geográfico e as diferentes dimensões e medidas dos fenômenos socioespaciais exigem maior nível de abstração” (CASTRO, 2001, p. 119).

O problema do tamanho é, na realidade, intrínseco à análise espacial, e os recortes escolhidos são aqueles dos fenômenos que são privilegiados por ela. Na geografia humana, os recortes utilizados têm sido o lugar (e seus diversos desdobramentos – cidade, bairro, rua, aldeia etc.), a região, a nação e o mundo. Na geografia física, os recortes não são necessariamente estes. Na geomorfologia, por exemplo, são aqueles das ordens de grandeza espaço-temporal diferenciadas para os fenômenos a serem estudados (...). Portanto, tão importante como saber que as coisas mudam com o tamanho, é saber exatamente o que muda e como (CASTRO, 2001, p. 121).

Lacoste (1985), ao discutir as implicações do uso da escala no contexto geográfico, ressalta que as diferenças de tamanho da superfície implicavam em diferenças quantitativas e qualitativas dos fenômenos analisados. Do mesmo modo, a heterogeneidade das configurações do espaço terrestre decorre de múltiplas interseções entre as configurações precisas desses diferentes fenômenos, e que a sua visibilidade depende da escala cartográfica de representação adequada (CASTRO, 2001). Para Lacoste, “a realidade aparece diferente de acordo com a escala dos mapas, de acordo com os níveis de análise”. Assim, o problema da escala e suas implicações, na busca de superar os velhos discursos sobre a dicotomia entre escala cartográfica e escala geográfica, subjetivou ao extremo o conceito de escala e tem proporcionado mais dúvidas do que assertivas acerca desse assunto (SANTOS, 2012).

Santos (2012) afirma que, como uma ferramenta de representação da realidade, a escala, através do mapa – ou de qualquer outro meio de reconstrução reduzida do mundo real –, desempenha um importante papel no delineamento da pesquisa. Racine *et al.* (1983, p. 127), ao discutirem em suas pesquisas escala e ação – contribuições para uma interpretação de

mecanismo de escala prática da geografia –, destacam que “se não recorrêssemos à noção de escala, seríamos pura e simplesmente afogados pela corrente de percepções que nos assaltam ininterruptamente”. Para Santos (2012), quando se associa a palavra “noção” ao conceito de escala, a autora alerta sobre o entendimento de que a escala é uma forma de representar o real, e não se deve confundir a representação com uma réplica da realidade.

Desse modo, diante da dificuldade de uma representação fiel da realidade, Santos (2012) enfatiza que a escolha da escala deve ser uma ação deliberada e estratégica, sendo esta função designada ao pesquisador.

Para isso:

é preciso fazer uma distinção radical entre espaço, tomado como objeto real que não se pode conhecer senão através de um certo número de pressupostos mais ou menos deformantes, por intermédio de um instrumental conceitual mais ou menos adequado, e o espaço, tomado como objeto de conhecimento, isto é, as diferentes representações do espaço real (...) Essas representações do espaço são ferramentas de conhecimento que devemos melhorar e construir, de forma a torná-las mais eficazes, para nos permitir compreender melhor o mundo e suas transformações (LACOSTE, 1985, p. 83).

Com essa afirmação, Lacoste ressalta a importante necessidade de uma escolha deliberada na decisão de qual a melhor escala para determinada pesquisa, ou seja, qual a escala mais adequada e que representa com maior fidelidade o fenômeno estudado. Porém, como já citado nos parágrafos anteriores, a depender da escala de análise, o tamanho e a natureza do fenômeno podem ser alterados, já que “quando o tamanho muda, as coisas mudam” (CASTRO, 1995, p. 118).

2.1.3.1. Uso da escala temporo-espacial no planejamento e ordenamento territorial

No âmbito do planejamento, “os planejamentos ambientais classificam e ordenam o meio utilizando-se de técnicas que dividem ou integram um dado espaço”, possibilitando trabalhar as informações em diferentes graus de organização e complexidade (SANTOS, 2004). Para a autora, ao se utilizar da escala em sua perspectiva espacial e temporal, possibilita-se que cada abordagem tenha um aprofundamento com seus elementos componentes e fenômenos atuantes sobre o meio. Desse modo, cada fenômeno, elemento ou dado do meio pode ser representado por distâncias que reproduzam suas dimensões reais e pelo período em que incidem e compartilham o espaço. A figura 2.3 apresenta a forma esquemática proposta por

Santos (2004) da variabilidade espaço e tempo de fenômenos e atividades humanas que habitualmente são trabalhadas em atividades de planejamento e ordenamento territorial.

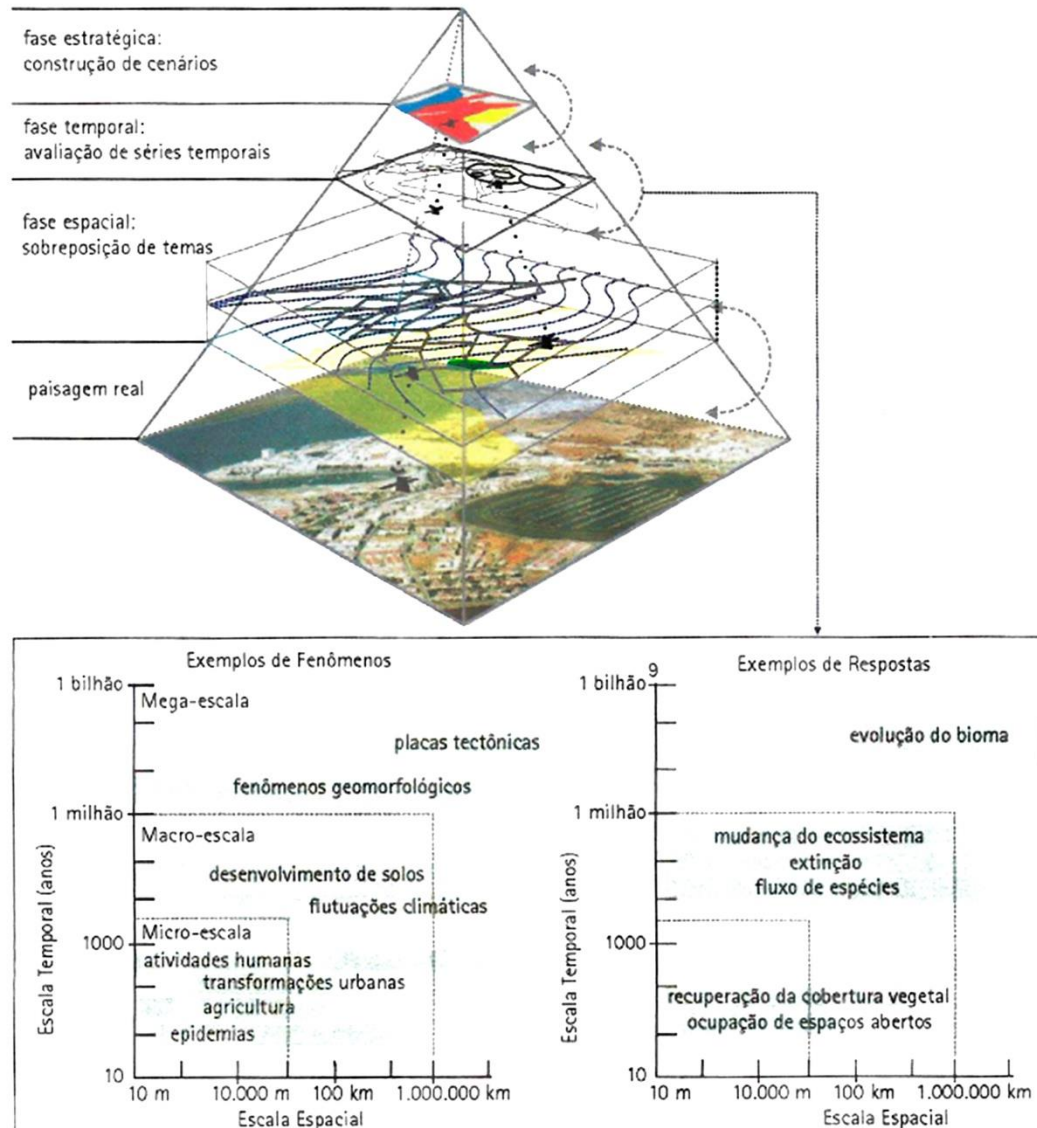


Figura 2.3: Representação dos planos de abordagem espacial e temporal a serem avaliados em um planejamento ambiental.

Fonte: Santos, 2004.

Ao propor esse modelo de representação, Santos (2004) ressalta que cada evento tem sua própria escala de tempo. Ao observar a figura acima, nota-se que a ação dos movimentos das placas tectônicas ocorre na escala temporal de bilhões de anos, do mesmo modo que sua escala de abrangência espacial varia em dezenas de milhões de quilômetros. Por outro lado, as atividades antrópicas ocorrem em espaços e tempos menores. Para exemplificar, a autora cita a ocupação pelo cultivo da cana-de-açúcar nos últimos trinta anos, que ocupa milhares de

quilômetros. “Assim, cada intervenção ou evento gera uma resposta, que, por sua vez, tem sua própria escala temporal e espacial” (SANTOS, 2004, p. 45).

Ao escolher uma escala espacial para realizar uma determinada intervenção, Santos (2004) recomenda a interpretação não só da extensão territorial onde o dado vigora, como também as circunstâncias em que ele ocorre em cada ponto do espaço ocupado. Nesses casos, os mapas, associados aos levantamentos de campos, são importantes instrumentos a serem utilizados no entendimento do comportamento espacial dos fenômenos estudados, pois possibilitam analisar e/ou interpretar a variabilidade, intensidade e condições ecológicas dos elementos que compõem determinada área.

No contexto da escala temporal, Santos (2004) ressalta que outra questão deve ser considerada:

a diferença entre escala de tempo de ocorrência de um fenômeno e a escala de tempo de resposta de um organismo em relação a ele. Mapear biodiversidade, por exemplo, é uma tarefa árdua, pois espécies fixas ou móveis, tanto quanto fenômenos que induzem sua ocorrência, concentração e distribuição, têm tempos distintos entre ação e resposta. Mais difícil ainda é apontar suas diversas razões de mudanças ao longo do tempo, bem como definir os graus de estabilidade. Em termos de mapeamento da biodiversidade, o melhor que se pode fazer é ter uma noção quantitativa da distribuição de espécies (SANTOS, 2004, p.44-45).

Ainda que muitos pesquisadores reconheçam esses limites quanto à representação, é habitual encontrar equívocos no cruzamento de informações em diferentes escalas, seja ela espacial ou temporal. Concorde-se com Santos (2004) que é difícil escolher a escala correta, em virtude da falta de trabalhos que discutam as bases teóricas para tal escolha.

Se a forma de interpretação for o mapeamento, o desafio é determinar a escala que ditará o quanto a extrapolação poderá ser feita sem perder a representação da heterogeneidade dos sistemas componentes. Se o caminho é o planejamento, a tarefa é definir o nível de detalhe condizente com os objetivos propostos e instrumentos selecionados, e conduzir a alternativas viáveis e implementáveis (SANTOS, 2004, p. 45-46).

Desse modo, quanto à determinação da escala, seja ela espacial ou temporal, a ser utilizada nas atividades de planejamento, deve-se levar em consideração o bom senso da equipe de trabalho e, no caso da escala espacial, evitar realizar as representações espaciais de uma mesma área em diferentes escalas, visto que poderão ocorrer conflitos no cruzamento das informações.

White e Mackenzie (1986 *apud* Santos, 2004) ao tentarem identificar a resolução ou escala adequada para estudar a diferenciação dos diversos padrões irregulares, no tempo e no espaço,

da cobertura vegetal do Parque Nacional Great Smoky Mountains, nos EUA, concluíram, após vários testes, que nenhuma escala de resolução seria adequada para mapear um único tipo de vegetação, haja vista que a vegetação, em diferentes estágios sucessionais, sob influência antrópica, muda rapidamente suas características.

Concorda-se com Santos (2004), quando a autora afirma que:

não existe uma escala correta e única para diagnosticar populações, ecossistemas ou paisagens. Entretanto, isto não significa que não haja regras gerais quanto à escala, mas sim que ela deve ser avaliada com muito cuidado, caso a caso. Numa determinada seleção de escala pode-se estar, muitas vezes, perdendo informações importantes, utilizando um mapa pouco detalhado. Por outro lado, pode-se detalhar demasiadamente um mapa que, posteriormente, será reduzido, o que resulta no agrupamento ou mesmo na perda das informações que já foram levantadas. Assim, uma preocupação básica para escolher a escala de trabalho, ou para entender como a informação pode ser transferida, está em determinar o que se pode e o que não se pode ignorar como informação espacial (...). Dois principais atributos da paisagem, a estrutura e a função, podem ser percebidos diferentemente em diferentes escalas, sendo importante para o planejador decidir sobre a mais apropriada para um determinado estudo (SANTOS, 2004, p. 45-46).

Cendrero (1989), em sua pesquisa intitulada “Mapeamento e avaliação de áreas costeiras para planejamento”, enfatiza que para a escolha da escala de trabalho nas atividades de planejamento, os planejadores devem ponderar, ao menos, a quantidade de informações ou o detalhamento que se quer chegar no estudo, a extensão espacial da informação que se quer mostrar, a adequabilidade de uma determinada base cartográfica conforme os objetivos específicos, a quantidade de tempo disponível, além dos recursos disponíveis para o mapeamento. No entendimento do autor, os mapas são ferramentas essenciais para o estabelecimento de diretrizes das políticas de planejamento e gestão do uso da terra, uma vez que fornecem bases para tomada de decisões sobre o que pode ser feito e o que não deve ser feito nas áreas objeto de estudo.

Para o autor, a representação e avaliação das características acima mencionadas devem ser feitas de forma coerente com os objetivos e o nível de planejamento. O planejamento do uso da terra, por exemplo, pode ser realizado em diferentes níveis, dependendo da estrutura administrativa de cada país. Em geral, são identificados três níveis, que podem ser classificados como “macro”, “meso” e “micro”, ou nacional-internacional, regional-provincial e projetos locais (CENDRERO, 1989). Entretanto, os objetivos do planejamento são, obviamente, diferentes para cada tipo de pesquisa.

No nível “macro”, os objetivos geralmente são para definir uma política para desenvolvimento, determinar a área em que as ações são necessárias, identificar os principais problemas ambientais e os recursos disponíveis. É preciso estabelecer um amplo planejamento e gerenciamento de diretrizes. As análises para “meso” planejamento são mais específicas. Seus objetivos incluem a definição das atividades ou dos tipos de uso da terra a serem implementados e alocados na área (determinação da demanda); a descrição e diagnóstico do meio ambiente (caracterização da oferta); a avaliação da sustentabilidade de diferentes partes da área para os usos propostos; e a identificação de zonas que sejam mais apropriadas para cada um deles. Os propósitos do “micro” planejamento são, por exemplo: o zoneamento e alocação espacial detalhados nos planejamentos municipais; a determinação de localizações otimizadas para certas explorações (plantas industriais, reflorestamento, complexos turísticos e de recreação etc.) e a avaliação de seus impactos ambientais; o desenho e a especificação técnica do projeto; a determinação de medidas preventivas para reduzir impactos e de procedimentos de acompanhamento (CENDRERO 1989, p. 429-430, tradução nossa). Os quadros 2.1 e 2.2 apresentam a relação entre o nível, representação e tipos de escalas adotados para os diversos planejamentos propostos por Cendrero e pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), respectivamente.

Quadro 2. 1: Relação entre o nível, representação e tipos de escalas.

| Planejamento | Nível da escala | Representação da escala | Tipo de escala |
|-----------------------|-----------------|-------------------------|----------------|
| Econômico e ecológico | macro | > 1:500.000 | reconhecimento |
| Zoneamento | meso | 1:250.000 - 1:25.000 | semidetalhada |
| Planos diretores | micro | > 1:10.000 | detalhada |

Fonte: Cendrero, 1989 *apud* Santos, 2004.

Quadro 2.2: Relação entre o nível, representação e tipos de escalas.

| Nível da escala | Representação da escala | Tipo de escala |
|-----------------|-------------------------|----------------|
| macro | 1:1.000.000 ou menor | exploratória |
| | 1:100.000 até 1:100.000 | reconhecimento |
| meso | 1:25.000 até 1:100.000 | semidetalhada |
| micro | maior que 1:25.000 | detalhada |

Fonte: FAO, 1982 *apud* SANTOS, 2004.

Ao observar os quadros 2.1 e 2.2, percebe-se certas divergências nas duas propostas. Apesar dos autores utilizarem a mesma nomenclatura para definir o nível e o tipo de escalas, as propostas divergem na escala de representação dos elementos a serem mapeados. Na escala em nível macro (reconhecimento), Cendrero recomenda a sua utilização para representar fenômenos em escala maior que 1:500.000, enquanto a FAO propõe a representação entre 1:100.000 até 1:1.000.000. No nível meso (semidetalhada), a FAO estabelece a escala de 1:25.000 até 1:100.000; nesse caso, Cendrero é mais abrangente, definindo um intervalo de 1:25.000 até 1:250.000. No nível micro (detalhada), Cendrero propõe representar os fenômenos em escala maior que 1:10.000, enquanto que a FAO sugere a escala maior que 1:25.000 para representar os mesmos fenômenos.

Conforme apontado nos parágrafos anteriores, é comum encontrar essas divergências, visto que faltam trabalhos teóricos que discutam amplamente a escolha da escala correta para diferentes níveis de representação. Contudo, deve-se sempre utilizar o bom senso para tal escolha.

A depender do território a ser planejado, se faz necessário realizar aproximações sucessivas de escalas, de modo que, para cada aproximação, pode-se optar por uma diferente área de estudo. Para Santos (1989), “os trabalhos que defendem essas concepções sugerem uma relação de proporcionalidade entre o espaço de trabalho e a escala”. Essa proporcionalidade, de acordo com a autora, é possível identificar em diversos tipos de planejamento no Brasil. Todavia, planejamento de diferentes naturezas e objetivos selecionam escalas diferenciadas, criando amplitudes de expressão algumas vezes extensas, como no caso de bacia hidrográfica (SANTOS, 1989, p. 47). No quadro 2.3, observa-se as relações de comum ocorrência no Brasil entre abrangência territorial e escalas adotadas em planejamento.

Quadro 2.3: Relações de comum ocorrência no Brasil entre abrangência territorial e escalas adotadas em planejamento.

| Território planejado | Escala adotada |
|--|-------------------------|
| Área da bacia hidrográfica | 1:5.000 a 1:1.000.000 |
| Território nacional | 1:500.000 a 1:5.000.000 |
| Área de influência regional | 1:250.000 a 1:1.000.000 |
| Área de influência direta ou área diretamente afetada por impactos | 1:5.000 a 1:1.500.000 |
| Área de ação estratégica | 1:10.000 - 1:1.000.000 |
| Limites municipais | 1:50.000 - 1:100.000 |
| Centros urbanos subordinados à área de ação | 1:500.000 |
| Raio de ação | 1:2.000 a 1:100.000 |

Quadro 2.3: Relações de comum ocorrência no Brasil entre abrangência territorial e escalas adotadas em planejamento.

| Território planejado | Escala adotada |
|------------------------|--------------------|
| Corredores | 1:2.000 a 1:25.000 |
| Área de reassentamento | 1:2.000 a 1:25.000 |

Fonte: Santos, 2004.

É importante esclarecer que, a escolha da escala leva à inserção ou perda de conhecimento sobre a diversidade de classes mapeadas ocorrentes na área de estudo. Contudo, cabe ao planejador, em função dos seus objetivos e disponibilidades de recursos, identificar a melhor escala de trabalho, visto que a escolha inadequada da escala pode impactar negativamente nas atividades planejamento. O erro na escolha, tanto da área como da escala adotadas em um planejamento, sempre existe e é, até certo ponto, compreensível. O errado está em não reconhecê-lo e não tornar público o quanto ele influenciou nas conclusões apresentadas (SANTOS, 2004, p. 50).

2.1.4 A bacia como unidade de planejamento e ordenamento territorial

A definição de um recorte físico-territorial para a realização de estudos de planejamento e ordenamento territorial é uma atividade complexa, pois exige do planejador a compreensão de que o recorte escolhido é o mais adequado para analisar e interpretar o conjunto de variáveis inerentes às etapas do planejamento. Essa complexidade, na interpretação de Santos (2004), se dá pela “dificuldade em delimitar a área de contenção de impactos, de pressões ou fenômenos, como também pela variedade de escalas necessárias para avaliação dos núcleos-alvo focados”. Para a autora:

é muito comum, por exemplo, que forças políticas locais desdenhem os problemas principais e tornem seus interesses a questão-chave para o debate. Essa prática acaba, erroneamente, definindo áreas e escalas que direcionam tomadas de decisão inapropriadas (SANTOS, 2004, p. 40).

Essa prática, principalmente no Brasil, tem gerado grandes equívocos na definição e/ou delimitação de áreas adequadas que atendam satisfatoriamente aos estudos de planejamento, resultando em planos sem objetividade e implementação de ações pouco efetivas, e que não atendem em sua totalidade aos anseios da população local.

É habitual, também, nos estudos realizados no campo do planejamento ambiental, interpretar um conjunto de informações referenciadas no espaço e apreendidas de maneira

holística. Entretanto, cabe ressaltar que, ainda hoje, a delimitação da área de influência de estudo de atividades modificadoras do meio ambiente ainda permanece sem definição, no que diz respeito aos critérios, metodologias e escalas apropriadas. Santos (2004), ao pesquisar sobre critérios para definição de áreas para estudos em planejamento, sugere que, metodologicamente, deva-se, a princípio, definir uma unidade espacial de trabalho a partir do entendimento da área que contenha as interações e pressões sobre os sistemas naturais ou criados pelo homem.

Nesse contexto, percebe-se que nos estudos voltados para o planejamento ambiental, o desafio está na adoção de uma área que possibilite a integração dos componentes ambientais biofísicos e socioeconômicos, que permitam a compressão e avaliação sistêmica dos ecossistemas naturais, agrícolas, pecuários, florestais e aquáticos, além do fortalecimento das instituições que lidam com uso da terra para que assumam uma abordagem interdisciplinar (SEIFFER, 1998).

Destarte, optar por uma região de planejamento e gestão das águas para realizar tais estudos, no ponto de vista de Vale (2018), parte do entendimento de que este é o recorte espacial mais apropriado, haja vista melhor comportar as inter-relações antrópicas e físico-ambientais, sendo a natureza e seu patrimônio ambiental geradores de bases mínimas necessárias para a sobrevivência das populações locais.

Santos (2004) pondera que, para definir a área de estudo, alguns aspectos devem ser levados em consideração, tais como: a complexidade local, a abrangência e o núcleo dos principais problemas regionais, além das escalas necessárias para avaliar as questões ambientais e o tamanho das unidades territoriais envolvidas. A autora ressaltava, entretanto, que independentemente desses fatores de influência sobre o meio, é comum que a equipe encarregada de elaborar o planejamento defina a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, tendo em vista o julgamento de que a bacia hidrográfica seja uma unidade espacial sistêmica e de caráter integrador, o que possibilita entender a complexidade com que se estabelece a interação natureza e sociedade, como também avaliar os reflexos produzidos por essa interação nas transformações socioespaciais ocorridas ao longo do tempo no contexto do espaço geográfico em sua totalidade.

Por seu caráter sistêmico e sua conotação técnico-científica, a bacia hidrográfica é reconhecida por diversos autores, e sua aceitação como unidade de planejamento é universal, sendo amplamente adotada como unidade espacial de análise físico-territorial tanto na esfera

estadual quanto federal para fins de planejamento e gestão territorial das águas, seja no Brasil ou em países latino-americanos e europeus (SANTOS, 2004; VALE, 2018).

De acordo com Santos (2004), ao adotar a linha de pensamento de Christofolletti (1974), que afirma que:

o critério de bacia hidrográfica é comumente usado porque constitui um sistema natural bem delimitado no espaço, composto por um conjunto de terras topograficamente drenadas por um curso d'água e seus afluentes, onde as interações, pelo menos físicas, são integradas (...), onde os fenômenos e interações podem ser interpretados, a priori, pelo input e output. (...) sendo assim, é um limite nítido para ordenação territorial, considerando que não há área de terra, por menor que seja, que não se integre a uma bacia hidrográfica (SANTOS, 2004, p. 40).

Diversos conceitos foram formulados para definir o termo bacia hidrográfica, todavia, todos eles levam em consideração que o recorte espacial está baseado na área de concentração de determinada rede de drenagem (TEODORO *et al.*, 2007).

Portanto, o conceito de bacia hidrográfica adotado por Christofolletti (1974):

constitui um sistema natural bem delimitado no espaço, composto por um conjunto de terras topograficamente drenadas por um curso d'água e seus afluentes, onde as interações, pelo menos físicas, são bem integradas e, assim, mais facilmente interpretadas (CHRISTOFOLETTI, 1974).

Pires *et al.* (2005) *apud* Machado *et al.* (2011) enfatizam que o conceito de bacia hidrográfica tem sido ampliado ao longo dos anos, sendo definida como um sistema biofísico complexo que evidencia sistemas hidrológicos e ecológicos coesos. Em sua pesquisa, Vale (2018), ao optar por uma região de planejamento e gestão das águas para realizar estudos sobre o processo de desertificação no estado da Bahia/Brasil, ressalta que:

os limites naturais definidos por interflúvios, de certo modo, ao “confinar” um espaço natural, favorece a criação de laços de pertencimento mais estreitos. As populações que os habitam o revelam por meio de hábitos e costumes culturais, por mútuas solidariedades, e por deter o conhecimento do que é este espaço, onde e quando os seus recursos ambientais estão disponíveis (VALE, 2018, p. 35).

De acordo com a Agenda 21 (1992), o gerenciamento integrado dos recursos hídricos, tendo a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, baseia-se na percepção da água como parte integral do ecossistema, recurso natural e bem social e econômico, cuja quantidade determina a natureza de sua utilização:

com esse objetivo, os recursos hídricos devem ser protegidos, levando-se em conta o funcionamento dos ecossistemas aquáticos e a perenidade do recurso, a fim de

satisfazer e conciliar as necessidades de água nas atividades humanas. Ao desenvolver e usar os recursos hídricos, deve-se dar prioridade à satisfação das necessidades básicas e à proteção dos ecossistemas. (AGENDA 21, 1992, p. 228).

Com base nessa premissa, a Agenda 21 (1992) recomenda que:

se mantenha uma oferta adequada de água de boa qualidade para toda a população do planeta, ao mesmo tempo em que se preservem as funções hidrológicas, biológicas e químicas dos ecossistemas, adaptando as atividades humanas aos limites da capacidade da natureza e combatendo vetores de moléstias relacionadas com a água. Tecnologias inovadoras, inclusive o aperfeiçoamento de tecnologias nativas, são necessárias para aproveitar plenamente os recursos hídricos limitados e protegê-los da poluição (AGENDA 21, 1992, p. 227).

Segundo Tundisi (2006), o suporte tecnológico no âmbito do planejamento de bacias hidrográficas deve estar associado à implementação de um processo de gestão integrada, preditiva, além de uma organização institucional e legislação adequadas, com o intuito de promover avanços consolidados e substanciais. O autor ressalta ainda que só a legislação e a organização institucional não resolvem o problema com condições de sustentar a gestão. Todavia, esse suporte tecnológico inicia-se com o aperfeiçoamento e a modernização de redes de monitoramento para por meio destas montar um banco de dados sobre a oferta e a qualidade da água.

É importante destacar que, ao longo da história, o processo de ocupação do espaço geográfico pelo homem sempre se manteve numa relação muito próxima às bacias hidrográficas, a exemplo dos primeiros assentamentos na bacia do rio Nilo, berço da civilização egípcia; os mesopotâmicos se abrigaram no vale dos rios Tigre e Eufrates; os hebreus, na bacia do rio Jordão; os chineses se estabeleceram às margens dos rios Yangtzé e Huang Ho; os hindus, na planície dos rios Indo e Ganges. Essa interação da água com o homem na Terra está diretamente relacionada com a abundância, variedade e diversidade da vida e da produção biológica, além da água ser um recurso natural, distribuído desigualmente pela superfície e pelos aquíferos do planeta, e sua disponibilidade, uso e gerenciamento adequado serem fundamentais para o futuro sustentável da humanidade.

Moreira (2008) afirma que uma experiência pioneira na gestão de recursos hídricos ocorreu no início do século XX na Alemanha, com o caso da bacia do rio Ruhr. De acordo com a autora, o grave problema de poluição mobilizou a sociedade civil na criação de uma Associação de Água da Bacia do Ruhr. O modelo de gestão adotado à época levou em consideração princípios

democráticos através de acordos estabelecidos na Assembleia dos Associados ou Parlamento da Água, além de adotar a cobrança pelo uso da água.

o sucesso dessa experiência serviu de exemplo para a França, que a aperfeiçoou, atribuindo à bacia hidrográfica uma unidade de planejamento e gestão (comitê), criando seis unidades de gestão com suas respectivas agências de bacia, que representam uma entidade financeira e técnica de apoio aos comitês formados por representantes da sociedade civil organizada e da administração pública, e criando um fundo de investimento pela contribuição de usuários, dentre outras ações (MOREIRA, 2008, p. 39).

Porto e Porto (2008) reiteram que naquela época “várias iniciativas de sucesso na área de gestão e planejamento de recursos hídricos foram baseadas no recorte geográfico da bacia hidrográfica”. De acordo com os autores, em 1916 já havia pactos a respeito da utilização do rio Danúbio, segundo maior rio da Europa. Outros dois casos importantes de gestão e planejamento de bacias hidrográficas ocorreram nos Estados Unidos, quando, em 1922, o congresso aprovou o pacto do rio Colorado, definindo critérios sobre a partição da utilização da água do rio entre os estados que compunham a bacia hidrográfica, e em 1933, com a formação da agência do Tennessee Valley Authority, com o objetivo de administrar a navegação, controle de cheias, controle de erosão, geração de eletricidade, fabricação de fertilizantes, reflorestamento, desenvolvimento agrícola e industrial, além do uso das áreas ribeirinhas (PORTO e PORTO, 2008).

No Brasil, os primeiros registros nessa perspectiva tratam do pacto de navegação dos rios Amazonas e Prata, assinados entre Brasil e Peru, e Brasil e a República das Províncias Unidas do Rio da Prata, entre os anos de 1851 e 1928, respectivamente, além da aprovação do Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934, denominado de Código das Águas (ver quadro 2.4). Em 1976, após reconhecer a complexidade dos problemas envolvidos quanto à gestão do uso da água, o Ministério de Minas e Energia (MME) e o Governo do Estado de São Paulo firmaram acordo para o planejamento e implementação de melhorias das condições sanitárias das bacias do Alto Tietê e Cubatão (PORTO e PORTO, 2008). Em virtude do êxito dessa parceria, foi criado, em 1978, o Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas (CEEIBH), que resultou na criação de comitês executivos estaduais em diversas bacias hidrográficas do país. Todavia, esses comitês, tinham apenas atribuições consultivas e eram formados exclusivamente por órgãos do governo (PORTO e PORTO, 2008). Apesar disso, inspiraram

importantes projetos voltados para o planejamento e ordenamento territorial no Brasil, utilizando a bacia hidrográfica como unidade de análise.

Quadro 2.4: Marco legal da gestão das águas no Brasil.

| Ano | Evolução histórica |
|------|---|
| 1934 | Código das Águas - Decreto n.º 24.643 - atribuição de gestão ao Ministério da Agricultura - dificuldades: com exceção das águas públicas comuns, todas as nascentes e águas localizadas em terrenos particulares eram consideradas de domínio privado. |
| 1960 | A atribuição de gestão passa para o Ministério de Minas e Energia (o setor torna-se um dos principais usuários de recursos hídricos). |
| 1980 | O Poder Executivo elabora uma proposta para constituir um Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos - discussão de uma legislação específica para o setor. |
| 1981 | Lei n.º 6.938 - Política Nacional de Meio Ambiente - diretrizes e definições inovadoras para a gestão ambiental no país. |
| 1988 | Constituição Federal do Brasil - As águas são agora de domínio público (bem da União, rios localizados em mais de um estado; bem dos estados, todos os outros rios). União, estados e municípios são entes federados. A União passa a legislar sobre os recursos hídricos e o suplementar passa a ser dos estados. Acompanhar e fiscalizar são obrigações comuns entre União, estados e municípios. |
| 1991 | O estado de São Paulo foi pioneiro em implementar os próprios sistemas de gestão de recursos hídricos. |
| 1992 | Conferência Internacional de Água e Meio Ambiente (ICWE) em Dublin [Irlanda], preparatória para a Rio-92. Princípios definidos para a gestão integrada preferencialmente baseada nas bacias hidrográficas. |
| 1995 | No âmbito do Ministério do Meio Ambiente, foi criada a Secretaria de Recursos Hídricos. |
| 1997 | Lei das Águas - Lei Federal n.º 9.433 - novo marco no desenvolvimento da gestão de recursos hídricos no país. |
| 2003 | Resolução n.º 32/2003 - CNRH institui a Divisão Hidrográfica Nacional com a finalidade de orientar, fundamentar e implementar o Plano Nacional de Recursos Hídricos. |

Fontes: Tucci, 2004 e Braga e Ferrão, 2015.

Ainda com base nessas iniciativas, em 1986, o Ministério de Minas e Energia criou um grupo de trabalho, cujo relatório recomendou a criação e a instituição do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh), com o intuito de estabelecer os subsídios necessários para instituir a Política Nacional de Recursos Hídricos, o qual, como resultado de todo esse processo, levou à inclusão na Constituição Federal de 1988 (artigo 21) a competência da União para legislar sobre a instituição do Singreh.

Atualmente, os recursos hídricos brasileiros são regidos pela Lei Federal n.º 9.433/97, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e regulamentou o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, criando a estrutura do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh) (ver figura 2.4), composto por um conjunto de órgãos e colegiados que concebe e implementa a Política Nacional das Águas (BRASIL, 1997). A PNRH incorpora princípios e normas para a gestão dos recursos hídricos, adotando a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão (TEODORO *et al.*, 2007), pois, a partir dessas unidades,

permite-se avaliar de forma integrada os elementos e fatores impactantes que possam vir a provocar e/ou agravar problemas como processos erosivos, aumento do escoamento superficial e inundações, dentre outros.

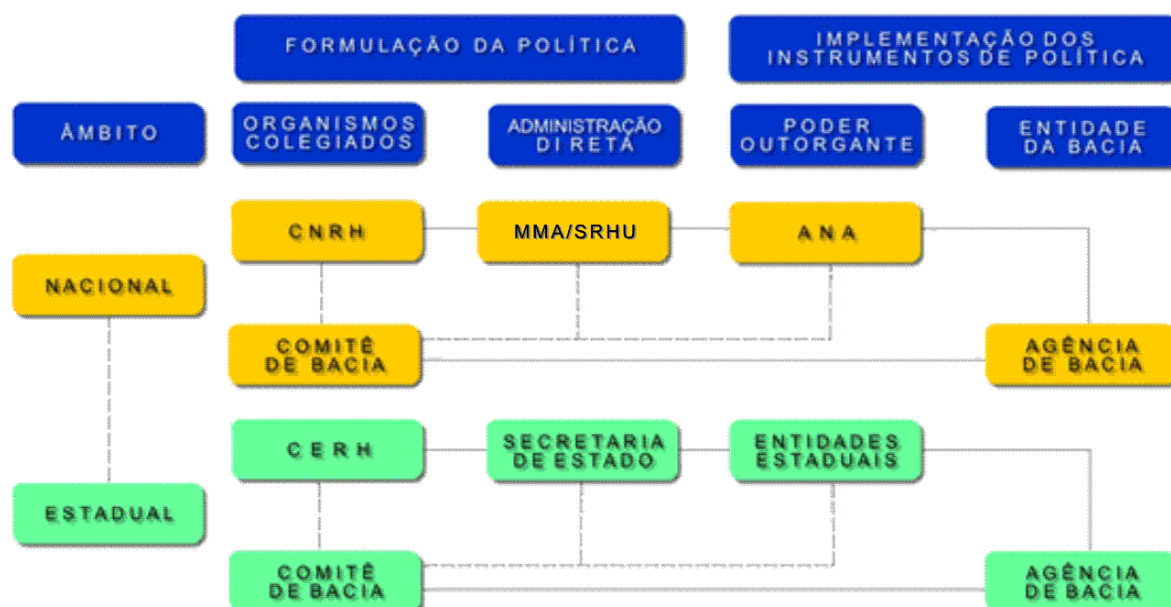


Figura 2.4: Matriz Institucional de funcionamento do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh).

Fonte: BRASIL, 1997.

A partir da Resolução n.º 32/2003, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), o território brasileiro passou de sete para doze regiões hidrográficas, instituindo a nova divisão hidrográfica nacional, conforme observado na figura 2.5.



Figura 2.5: Divisão hidrográfica nacional.
Fonte: CNRH, 2003.








As regiões hidrográficas, diferentemente das bacias hidrográficas que podem ultrapassar as fronteiras nacionais, são estabelecidas por legislação nacional, sendo sua atuação restrita ao espaço territorial das 27 unidades federativas brasileiras, cujo objetivo é:

estabelecer uma base organizacional que contemple bacias hidrográficas como unidade do gerenciamento de recursos hídricos para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, com vistas a implementar uma base de dados referenciada por bacia, em âmbito nacional (CNRH, 2003, Resolução n.º 32).






O quadro 2.5 elenca as principais características das regiões hidrográficas do Brasil. A região hidrográfica Amazônica abrange a maior porção territorial dentre as demais (44,63% do território brasileiro), concentrando 81% da disponibilidade de águas superficiais do país em aproximadamente 3.800.000 km². Com uma vazão média de 131.947 m³/s, seus principais rios são: Amazonas, Negro, Solimões e Purus. A densidade demográfica da região (2,0 hab/km²) é cerca de 10 vezes menor que a média nacional, o que contribui para umas das menores taxas de urbanização do país (67%), acima apenas da região hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental (57%) e Parnaíba (62%). Paradoxalmente, a região Atlântico Sudeste, formada pelos estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo e Paraná, ocupa apenas 2,7% do território, é a região hidrográfica mais povoada do Brasil, com densidade demográfica seis vezes maior que a média brasileira e uma taxa de urbanização de 90%. A região apresenta alta diversidade de atividades econômicas e um significativo parque industrial, constituindo-se em uma das regiões economicamente mais desenvolvidas do país (ANA, 2017).

As regiões hidrográficas com as menores vazões hídricas são as de Parnaíba e Atlântico Nordeste Oriental, ambas localizadas no Nordeste brasileiro, com uma vazão média de 753 e 779 (m³/s) respectivamente. A bacia hidrográfica do rio Ipojuca, objeto de estudo desta tese, está localizada na região hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental. Grande parte sua área está inserida na região do semiárido brasileiro, caracterizada por apresentar períodos de estiagens prolongadas e temperaturas elevadas durante todo o ano (ANA, 2017). A precipitação média anual da região varia entre 2.700 mm no litoral até menos de 400 mm no interior, o que contribui para que seja a região hidrográfica com a menor disponibilidade hídrica (244 m³/s) do país, exigindo assim ações adequadas para a implementação de projetos de planejamento e ordenamento territorial nas bacias que compõem essa região hidrográfica.

Quadro 2.5: Regiões hidrográficas do Brasil.

| Mapa | Região hidrográfica | Unidades federativas (siglas) | Área total (% do Brasil) | Bacias principais | Rios principais | Vazão média (m³/s) | Densidade demográfica 1.000 hab/km² | Taxa de urbanização (%) |
|---|------------------------------|-------------------------------|--------------------------|--|---|--------------------|-------------------------------------|-------------------------|
|  | Amazônica | AC, AM, RR, RO, MT, PA e AP. | 3.800.000 km² (44.63%). | Bacias do rio Amazonas e costeiras da Ilha de Marajó e do Amapá. | Amazonas, Negro, Solimões e Purus. | 131.947 | 2 | 67 |
|  | Tocantins-Araguaia | GO, MT, TO, MA, PA e DF. | 967.059 km² (11.36%). | Bacia do rio Tocantins. | Tocantins, Araguaia, Vermelho, Itacaiunas e Crixá-Açu. | 13.624 | 8 | 74 |
|  | Atlântico Nordeste Ocidental | MA e PA. | 254.100 km² (2.98%). | Bacias costeiras das baías de São José e São Marcos | Gurupi, Turiaçu, Pericumã e Mearim. | 2.683 | 19 | 57 |
|  | Parnaíba | PI, MA e CE. | 344.112 km² (4.04%). | Bacia do rio Parnaíba. | Parnaíba, Balsas, Gurgueia e Uruçui-Preto. | 753 | 11 | 62 |
|  | Atlântico Nordeste Oriental | CE, RN, PB, PE e AL. | 287.348 km² (3.37%). | Bacias costeiras do Jaguaribe, Piranhas-Açu, Taperoá-Paraíba e Beberibe-Capibaribe, Ipojuca. | Jaguaribe, Piranhas-Açu, Paraíba Salgado, Capibaribe, Banabuiú e Cariús, Ipojuca. | 779 | 75 | 76 |
|  | São Francisco | SE, AL, PE, BA, GO, MG e DF. | 640.000 km² (7.52%). | Bacia do rio São Francisco. | São Francisco, das Velhas, Abaeté e Carinhanha. | 2.850 | 20 | 74 |
|  | Atlântico Leste | SE, BA, MG e ES. | 374.677 km² (4.4%). | Bacia dos rios de Contas, Jequitinhonha, Mucuri, Paraguaçu, São Mateus. | De Contas, Jequitinhonha, Mucuri, Paraguaçu, Pardo e São Mateus. | 1.492 | 36 | 70 |

Quadro 2.5: Regiões hidrográficas do Brasil.

| Mapa | Região hidrográfica | Unidades federativas (siglas) | Área total (% do Brasil) | Bacias principais | Rios principais | Vazão média (m³/s) | Densidade demográfica 1.000 hab/km² | Taxa de urbanização (%) |
|--|---------------------|-------------------------------|--------------------------|---|--|--------------------|-------------------------------------|-------------------------|
|  | Atlântico Sudeste | ES, MG, RJ, SP e PR. | 229.972 km² (2.7%). | Bacias costeiras do Doce, Ribeira, Paraíba do Sul. | Doce, Paraíba do Sul, Ribeira de Iguape. | 3.179 | 118 | 90 |
|  | Paraná | MG, GO, MS, SP, PR, SC e DF. | 879.860 km² (10.33%). | Sub-bacia do rio Paraná em território brasileiro. | Paraná, Paranaíba, Tietê e Iguaçu. | 11.452 | 62 | 91 |
|  | Paraguai | MT e MS. | 363.442 km² (4.27%). | Sub-bacia do rio Paraguai em território brasileiro. | Paraguai, Miranda, Cuiabá e São Lourenço. | 2.368 | 5 | 85 |
|  | Uruguai | RS e SC. | 174.612 km² (2.05%). | Sub-bacia do rio Uruguai em território brasileiro. | Uruguai, Chapecó, Passo Fundo, do Peixe e da Várzea. | 4.121 | 22 | 68 |
|  | Atlântico Sul | SP, PR, SC e RS. | 185.856 km² (2.18%). | Bacias do Lago Guaíba, Lagoa dos Patos, Itajaí. | Itajaí, Jacuí. | 4.174 | 62 | 85 |

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2003.

Nota-se que o modelo de gestão de bacias hidrográficas brasileiro instituído pela PNRH, ao adotar as regiões e bacias hidrográficas, inspirou-se na experiência francesa, que se revelou como uma importante referência na institucionalização de planejamento de recursos hídricos. Entretanto, de acordo com Moreira (2008), “devido a diferenças físicas, ambientais, culturais e organizacionais entre o Brasil e a França, ocorre aqui um entrave nas transferências das decisões e demandas da sociedade para o poder público”. Haja vista, até hoje, ser difícil a implementação de penalidades ou restrições a agentes que despejam seus resíduos de forma inadequada nos corpos d’água.

Apesar da semelhança entre os modelos de gestão de recursos hídricos de França e Brasil, percebe-se que, diferentemente do Brasil, na França há uma participação muito grande do poder municipal no âmbito das bacias e microbacias. Para Moreira (2008), é essencial a presença de representantes da comunidade e de instituições nos processos de gestão do território de uma bacia hidrográfica com foco no tripé “efetividade, eficácia e eficiência”, desde o planejamento até a implementação de políticas públicas, empresariais, e de programas e projetos capazes de alavancar o desenvolvimento territorial.

Apesar da legislação de ambos os países serem semelhantes em vários aspectos:

na França, a gestão dos recursos hídricos ocorre por meio de planos diretores (equivalentes aos nossos planos de bacia hidrográfica) denominados Schémas Directeurs d’Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE), na escala das grandes bacias hidrográficas e de Schémas d’Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE), na escala das sub-bacias, que contam com o apoio das Commissions Locales de l’Eau (CLE), em português: Comissões Locais da Água. No Brasil, a legislação estabelece que os planos de recursos hídricos devem ser elaborados obedecendo a três escalas: nacional, estadual e de bacia hidrográfica. Falta, na escala dos municípios, um plano que possa dar suporte direto ao Plano de Bacia Hidrográfica. Os planos diretores municipais abordam o uso ocupação do solo, porém não podem ser considerados planos com o foco principal nos recursos hídricos. Na realidade, em alguns municípios o tema é pouco abordado (BRAGA e FERRÃO, 2015, p. 20-21).

Desse modo, Braga e Ferrão (2015) destacam que a atuação integrada dos governos municipais no contexto de uma mesma bacia hidrográfica otimizaria o processo decisório quanto aos investimentos em infraestrutura dos sistemas hídricos e territoriais de interesse comum, haja vista os municípios guardarem uma forte relação de interdependência quando se trata de compartilhar os recursos hídricos.

Ainda de acordo com Braga e Ferrão (2015), nota-se, no Brasil, que há uma diferença significativa entre os comitês de bacias que surgiram por iniciativa da sociedade civil

organizada dos comitês criados pelos governos e posteriormente apresentados à sociedade. A participação da sociedade nos comitês por ela criados tem se mostrado mais efetiva e os resultados têm sido positivos, enquanto que os criados pelo Estado, em muitos casos, demoram ou não saem do papel.

Apesar da bacia hidrográfica ser aceita universalmente como unidade de planejamento e não haver questionamento técnico sobre sua utilização como unidade de trabalho, para Santos (2004), “estabelecer como princípio que o limite definitivo da área de estudo é a bacia hidrográfica, pode se tornar inadequado”, visto que, há certas dificuldades em lidar com esse recorte geográfico, uma vez que os recursos hídricos exigem a gestão compartilhada com a administração pública, órgãos de saneamento, instituições ligadas à atividade agrícola, gestão ambiental, entre outros, e a cada um desses setores corresponde uma divisão administrativa distinta da bacia hidrográfica (PORTO e PORTO, 2008, p. 45). Desse modo, para o êxito das atividades que envolvam o planejamento e ordenamento territorial em bacias hidrográficas, os profissionais envolvidos no processo devem ter em mente que as atividades e as atitudes humanas não obedecem necessariamente a critérios ou limites físicos, nem mesmo estão em escalas apropriadas a uma representação cartográfica (SANTOS, 2004). Assim, a obtenção de dados socioeconômicos que habitualmente no Brasil são disponibilizados por setores censitários e municípios, não obedecendo aos limites físicos das bacias, devem ser considerados de forma a flexibilizar suas análises, considerando as multiplicidades de relações internas e externas à bacia hidrográfica (GOIS, 2010).

3. MAPEAMENTO E ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO COMO SUBSÍDIO AO PLANEJAMENTO E ORDENAMENTO TERRITORIAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

Compreender a dinâmica espacial do território em seu entorno sempre foi o anseio de uma sociedade para o seu progresso. Nota-se esse desejo desde a antiguidade, a partir das referências das relações entre a natureza e as atividades antrópicas, por meio da observação do uso e ocupação do solo de determinado espaço geográfico (IBGE, 2013). De acordo com Almeida (2007 apud IBGE, 2013), essas relações, por exemplo, podem ser observadas em uma espécie de almanaque do agricultor produzido pelos sumérios, denominado Instruções de Suruppak, datado de cerca de 2500 a.C. Do mesmo modo, na Grécia Antiga, os agricultores utilizavam o poema “Os trabalhos e os dias”, de Hesíodo, como referência para a ciência geográfica. Nele havia orientações sobre os preceitos e regras que um agricultor deveria seguir nas suas relações cotidianas com a natureza, além de apresentar uma importante reflexão sobre o momento em que ocorre a separação entre ciência e crença.

Ainda hoje, o estudo e identificação dos usos e ocupação dos solos de determinado espaço tem se mostrado eficaz no âmbito do planejamento e ordenamento territorial, haja vista ser a partir dele que o planejador poderá identificar o rebatimento da reprodução social no plano do espaço, seja ele urbano ou rural, bem como identificar as principais atividades antrópicas incidentes sobre o mesmo, a fim de propor medidas de ordenamento territorial. Assim, partindo desse ponto de vista, Santos (2004), em suas pesquisas sobre o planejamento ambiental, afirma que o uso e ocupação das terras é

um tema básico para o planejamento ambiental, porque retrata as atividades humanas que podem significar pressão e impacto sobre os elementos naturais. É um ponto essencial para a análise de fontes de poluição e um elo importante de ligação entre as informações dos meios biofísico e socioeconômico (SANTOS, 2004, p. 97).

Por ser um tema básico, como define a autora, recomenda-se que para todas e quaisquer atividades voltadas para o planejamento e ordenamento territorial, principalmente quando a unidade de análise for uma bacia hidrográfica, torna-se preponderante que se realize a identificação, o mapeamento e a análise das diversas categorias de uso e ocupação do solo para

se obter êxito durante o processo de planejamento. Posto que, o conhecimento sobre o uso e ocupação do solo tem ganhado ênfase pela necessidade de garantir seu equilíbrio e sua sustentabilidade diante das questões ambientais, sociais e econômicas a ele relacionadas.

Para alcançar esse objetivo, na visão de Santos (2004, p. 97), “em geral, as formas de uso e ocupação são identificadas (tipos de uso), espacializadas (mapa de uso), caracterizadas (pela intensidade de uso e indícios de manejo) e quantificadas (percentual de área ocupada pelo tipo)”, e sua aplicação nas atividades de planejamento e ordenamento territorial em bacias hidrográficas tem por finalidades: organizar o território potencializando as aptidões, as compatibilidades, as contiguidades, as complementariedades de atividades urbanas e rurais; controlar a densidade populacional e a ocupação do solo pelas construções; otimizar os deslocamentos e melhorar a mobilidade urbana e rural; (...) eliminar possibilidades de desastres ambientais; além de estabelecer metas para preservar o meio ambiente e a qualidade de vida rural e urbana (TAKEDA, 2013).

Nesse cenário, Deák (1985) reafirma que o uso do solo é caracterizado pelo reflexo da reprodução social no plano do espaço geográfico. Assim, na visão do autor, a dinâmica espacial desse espaço está diretamente relacionada ao uso e ocupação do solo, definindo-o como o conjunto das atividades e processos individuais de produção e reprodução de uma sociedade, combinados com seus padrões ou tipos de assentamento, do ponto de vista da regulação espacial.

Para o IBGE (2013), o levantamento da cobertura e do uso da terra:

(...) indica a distribuição geográfica da tipologia de uso, identificada por meio de padrões homogêneos da cobertura terrestre. Envolve pesquisas de escritório e de campo voltadas para a interpretação, análise e registro de observações da paisagem (...), visando sua classificação e espacialização por meio de cartas (IBGE, 2013).

Assim, na perspectiva abordada pelo IBGE, o levantamento sobre a cobertura e o uso da terra é de grande utilidade pública, pois admite diversas análises e mapeamentos norteadores, de modo que o conhecimento atualizado das formas de uso e de ocupação da terra se constitui em uma importante ferramenta de planejamento, além de orientação à tomada de decisão (IBGE, 2013).

No contexto de uma bacia hidrográfica, a análise do uso e ocupação do solo voltado para o planejamento e ordenamento territorial tem ganhado cada vez mais destaque, principalmente pela sua capacidade em diagnosticar o nível de apropriação que a população exerce sobre os diferentes espaços na bacia, se configurando como instrumento essencial para a gestão nas diferentes esferas de governo, além de ser uma importante ferramenta na identificação de

processos de degradação e obtenção de informações dos meios biofísicos e socioeconômicos (SANTOS, 2004). Todavia,

ao retratar as formas e a dinâmica de ocupação da terra, estes estudos também representam instrumento valioso para a construção de indicadores ambientais e para a avaliação da capacidade de suporte ambiental, frente aos diferentes manejos empregados na produção, contribuindo assim para a identificação de alternativas promotoras da sustentabilidade do desenvolvimento (IBGE, 2013, p. 37).

Apesar do reconhecimento da sua importância por diversos pesquisadores da área, no Brasil, ainda hoje, ocorre uma desarticulação entre os instrumentos de gerenciamento dos recursos hídricos e os de planejamento do uso e ocupação do solo, evidenciando uma deslegitimação do planejamento e da legislação vigente, caracterizados predominantemente pela informalidade e ilegalidade na ocupação do solo (CARNEIRO, 2008). Esse fator tem colaborado para o crescimento populacional e ocupação de bacias hidrográficas sem o planejamento adequado, o que contribui para acelerar os impactos ambientais decorrentes dessa ocupação. As consequências dessas ações é que a falta de uma gestão territorial eficiente no âmbito das bacias hidrográficas eleva os fatores negativos que contribuem para aumentar a má qualidade dos recursos hídricos não só no Brasil, como também em outras regiões do planeta. Dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura – FAO (figura 3.1) apresentam o *status* e as tendências da degradação global do solo do planeta, face aos usos inadequados.

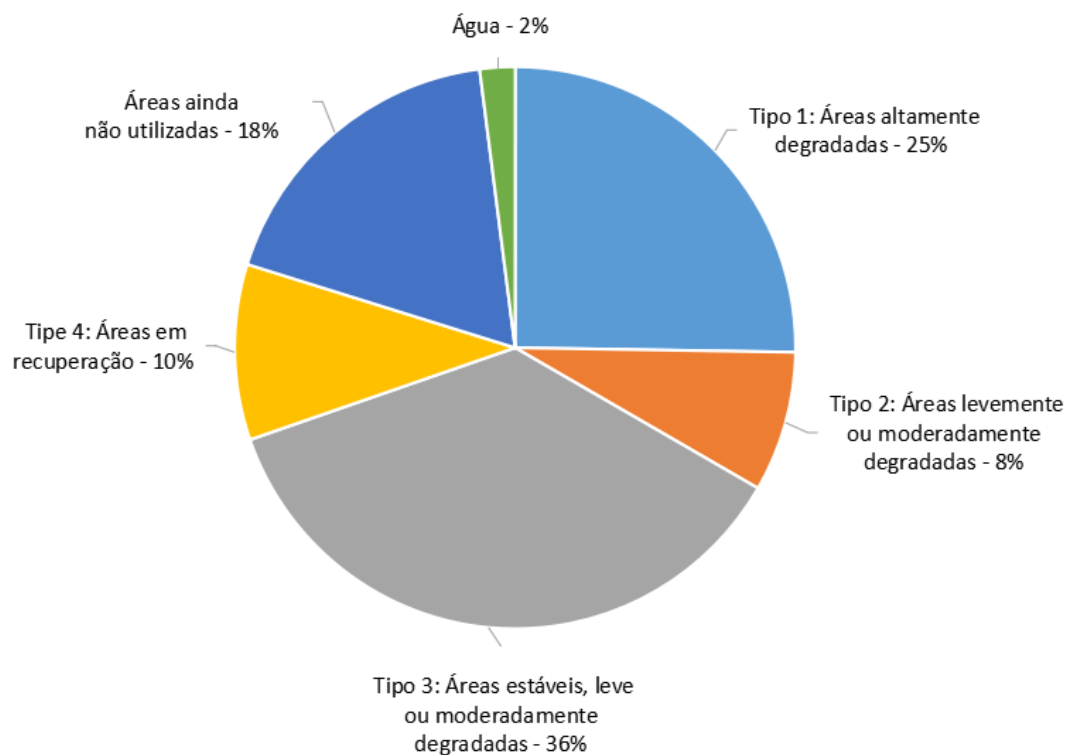


Figura 3.1: Status e tendências da degradação global do solo.

Fonte: Adaptado de NACHTERGAELE *et al.*, 2011.

Os dados apresentados são altamente preocupantes, pois refletem as políticas expansionistas e desenvolvimentistas adotadas por diversos países nas últimas décadas, sem se preocupar com a elaboração de políticas de planejamento e ordenamento territorial adequadas e que visassem as aptidões relacionadas ao uso e cobertura do solo de cada região. Os reflexos dessas ações estão evidenciados no relatório da FAO, onde apenas 18% dos solos do planeta ainda não foram utilizados. Por outro lado, 25% estão altamente degradados, 36% estão estáveis, leve ou moderadamente degradados, 8% estão levemente ou moderadamente degradados e apenas 10% estão em processo de recuperação. Ao relacionar os dados de degradação do solo ao perfil da população, observa-se que os maiores percentuais de degradação estão associados aos maiores níveis de pobreza (figura 3.2).

MAPEAMENTO E ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO COMO SUBSÍDIO AO PLANEJAMENTO E ORDENAMENTO TERRITORIAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

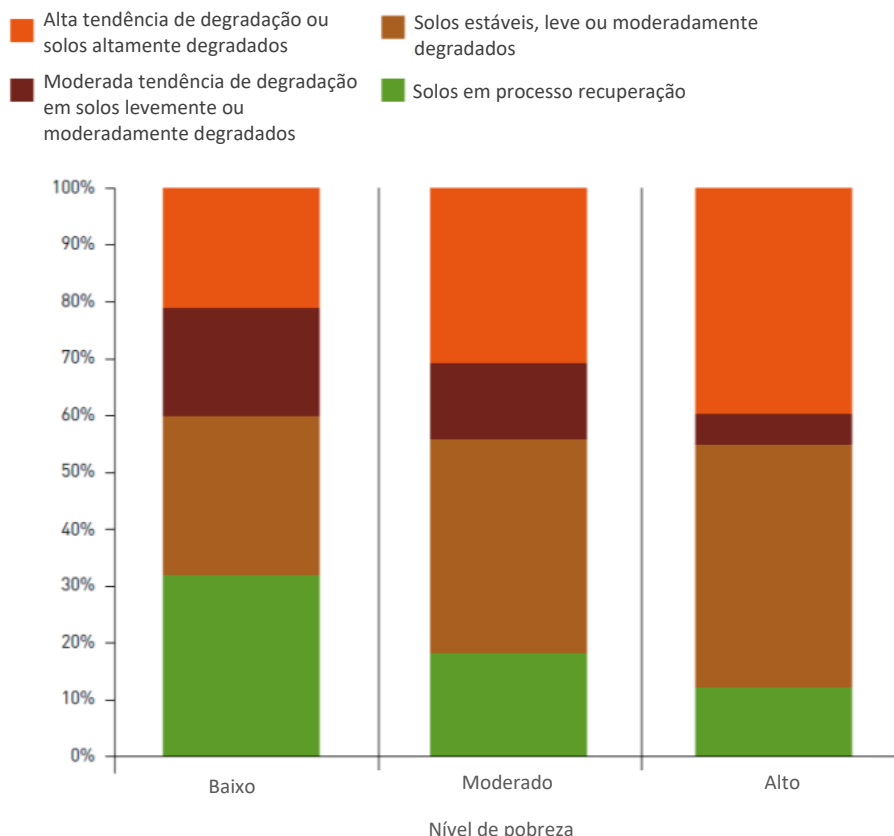


Figura 3.2: Relação entre degradação do solo e pobreza.
Fonte: NACHTERGAELE *et al.*, 2011.

De acordo com Serra e Serra (2013), ao citarem os estudos realizados pelas Nações Unidas em 2010, os autores relatam que embora muitos países tenham alcançado um elevado grau de desenvolvimento humano, considerando as suas três dimensões – vida longa e saudável, nível de conhecimento e nível de vida digno –, aproximadamente 1,4 bilhão de pessoas nos países em desenvolvimento viviam em pobreza extrema em 2005, ou seja, com menos de US\$ 1,25 por dia.

Em âmbito global, apesar dos avanços econômicos, relatórios do Banco Mundial indicam que “embora menos pessoas vivam numa situação de pobreza extrema, quase metade da população mundial — 3,4 bilhões de pessoas — ainda luta para satisfazer as necessidades básicas” (BANCO MUNDIAL, 2018).

Os dados do relatório apontam ainda que a América Latina e Caribe, região em que está inserida a área de estudo desta tese, foi a região que

teve menos prosperidade compartilhada de 2010 a 2015 do que nos anos anteriores, uma vez que as suas economias sofreram o impacto de uma desaceleração nos preços globais de commodities. A região tinha quase 11% da população com renda inferior

a US\$ 3,20 por dia e mais de 26% com renda inferior a US\$ 5,50 por dia em 2015. A pobreza, na região, estava mais associada a aspectos não monetários, tais como a falta de acesso à água potável, saneamento adequado ou eletricidade (BANCO MUNDIAL, 2018).

No Brasil, pesquisas divulgadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, por meio do relatório Síntese de Indicadores Sociais - SIS em 2018, apontaram que o reflexo da desaceleração econômica fez com que o país passasse a ter quase 2 milhões de pessoas a mais vivendo em situação de pobreza, contribuindo para um aumento de cerca de 4% da população nessa situação no período 2016/2017, passando de 52,8 milhões para 54,8 milhões, respectivamente (figura 3.3), o que representa 26,5% da população total do país. No mesmo período, a população em condição de pobreza extrema passou de 13,5 milhões para 15,3 milhões, representado um aumento de cerca de 13%, contribuindo, assim, para que 7,4% aproximadamente dos brasileiros passassem a viver na linha de extrema pobreza no ano de 2017 (figura 3.4) (IBGE, 2018).



Figura 3.3: População em situação de pobreza no Brasil.
Fonte: IBGE, 2018.

Do total de 54,8 milhões da população que em 2017 estava vivendo em situação de pobreza no Brasil, ao analisar o quadro 3.1, nota-se que 44,8% aproximadamente residiam na região Nordeste, o que representa cerca de 25 milhões de pessoas, e 43,1% viviam na região Norte do país. Paradoxalmente, essa proporção era de 12,8% (3,8 milhões de pessoas) na região Sul. Já na região Sudeste, houve aumento de 1,3%, passando de 16,1% para 17,4% da população no período 2016/2017 (IBGE, 2018).

Quadro 3.1: População em situação de pobreza.

| Grandes regiões | População em situação de pobreza (%) |
|-----------------|--------------------------------------|
| Brasil | 26,5 |
| Norte | 43,1 |
| Nordeste | 44,8 |
| Sudeste | 17,4 |
| Sul | 12,8 |
| Centro-Oeste | 16,9 |

Fonte: IBGE, 2018.

Nesse contexto, diante do alto índice de pessoas em situação de pobreza no Brasil, a região Nordeste do Brasil se destaca pelo maior índice de pessoas em situação de pobreza extrema em relação às outras regiões brasileiras com 14,7%, seguida da região Norte com 11,8% (figura 3.4), fator que tem contribuído significativamente para a degradação ambiental na região, fruto da falta de políticas públicas voltadas para implementação de estudos e projetos de planejamento e ordenamento territorial.

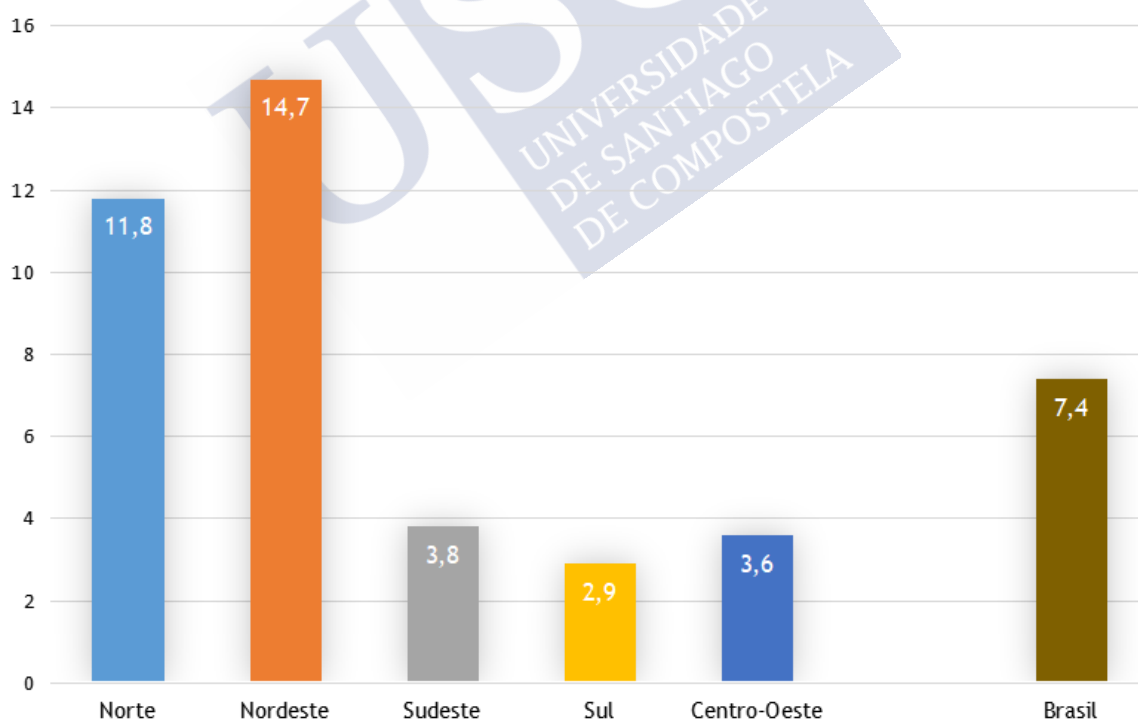


Figura 3.4: Percentual da população em situação de pobreza extrema por região.
Fonte: IBGE, 2018.

Ao analisar a figura 3.5, percebe-se que os estados das regiões Norte e Nordeste se destacam em relação aos demais estados das outras regiões do Brasil, com altos índices de pessoas em situação de pobreza. Com exceção do estado de Rondônia, que possui 26,1%, os demais ultrapassam a casa dos 30% de sua população vivendo nessa situação. No caso específico da região Nordeste, esses índices ultrapassam os 39%.

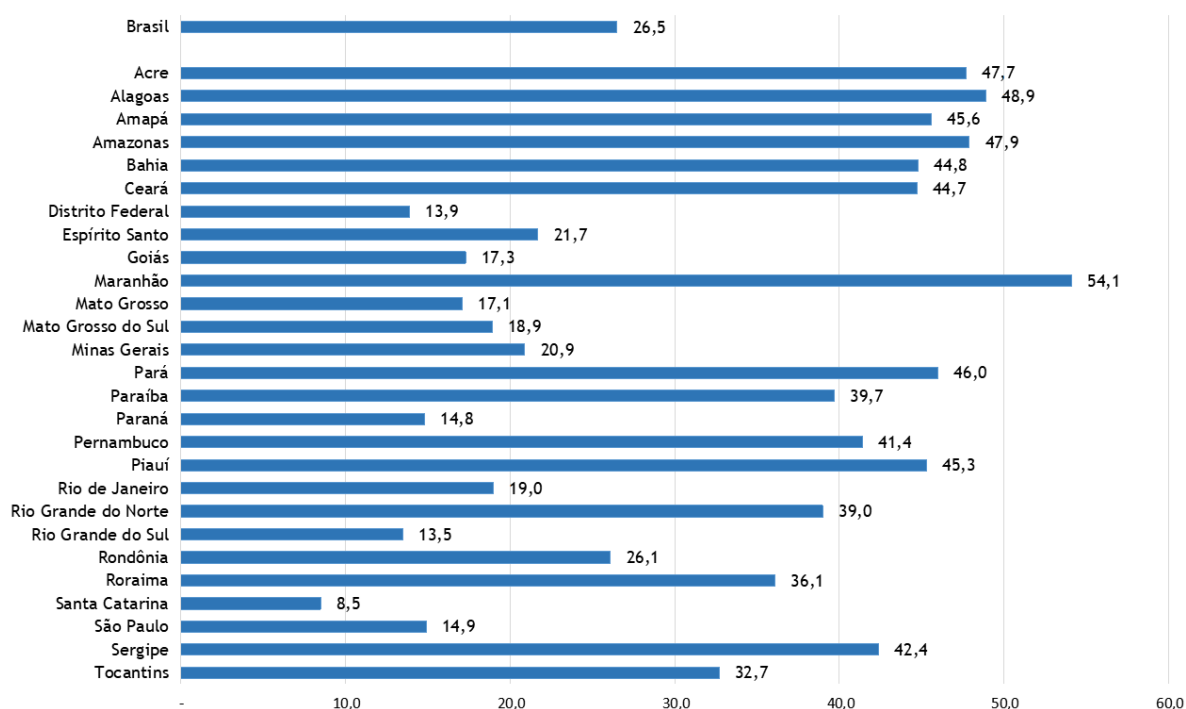


Figura 3.5: Distribuição percentual da população em situação de pobreza por unidade da Federação.

Fonte: IBGE, 2018.

O quadro 3.2 elenca os estados que mais contribuem para os altos índices: Maranhão com 54,1%, liderando o *ranking* na proporção de pobres, seguido de Alagoas com 48,9%, Piauí e Bahia com 45,3% e 44,8% respectivamente. O estado de Pernambuco ocupa a sétima posição no *ranking* brasileiro, com 41,4%.

Quadro 3.2: Distribuição percentual da população em situação de pobreza por Unidade da Federação, Região Nordeste do Brasil.

| Unidade da Federação | % | Ranking |
|----------------------|------|---------|
| Maranhão | 54,1 | 1º |
| Alagoas | 48,9 | 2º |
| Piauí | 45,3 | 3º |
| Bahia | 44,8 | 4º |
| Ceará | 44,7 | 5º |

Quadro 3.2: Distribuição percentual da população em situação de pobreza por Unidade da Federação, Região Nordeste do Brasil.

| Unidade da Federação | % | Ranking |
|----------------------|------|---------|
| Sergipe | 42,4 | 6º |
| Pernambuco | 41,4 | 7º |
| Paraíba | 39,7 | 8º |
| Rio Grande do Norte | 39,0 | 9º |

Fonte: IBGE, 2018.

Serra e Serra (2013) afirmam que há uma crescente literatura evidenciando as conexões entre meio ambiente e pobreza e sua relação direta com a falta de planejamento e ordenamento territorial durante o processo de uso e ocupação do solo por parte da população,

além de sua contribuição direta para o bem-estar por meio de serviços essenciais à vida, o meio ambiente fornece os insumos materiais e energéticos para as atividades de produção. A degradação ambiental e o esgotamento dos recursos afetam a qualidade de vida da sociedade em geral, mas, principalmente, as condições das pessoas mais pobres, na medida em que elas estão mais expostas a ambientes de risco e, muitas vezes, dependem da natureza como fonte direta dos meios de subsistência – por exemplo, da agricultura ou da pesca (SERRA e SERRA, 2013, p. 143).

Os autores alertam ainda que apesar de uma ampla “literatura internacional sobre desenvolvimento, pobreza e meio ambiente esteja disponível, há uma carência de estudos empíricos das relações entre dimensões ambientais e pobreza” (SERRA e SERRA, 2013, p. 143). Cabe ressaltar que esses estudos são de grande relevância para o Brasil bem como para o estado de Pernambuco, pois ajudam a entender as disparidades socioeconômicas existentes no estado e nos municípios que compõem a bacia hidrográfica do rio Ipojuca, objeto de estudo desta tese. Contudo, em virtude das discrepâncias socioeconômicas existentes e da relação direta entre meio ambiente e pobreza apontado pela literatura, além da escassez de dados sobre o território, torna-se importante incorporar estudos sobre o uso e ocupação do solo nos projetos de planejamento e ordenamento territorial, de modo a entender a dinâmica espacial da área de ser planejada.

3.1 MAPEAMENTO E ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA DO RIO IPOJUCA, NO PERÍODO DE 2000 A 2015

Conforme já discutido anteriormente, o mapeamento e a caracterização do uso e ocupação do solo de determinado espaço geográfico é atualmente uma importante ferramenta no subsídio à orientação e tomada de decisão. No Brasil, a articulação da gestão de recursos hídricos com a

do uso do solo foi reforçada no capítulo III - Das Diretrizes Gerais de Ação da Lei 9.433/97, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, materializando definitivamente a obrigação da adoção da unidade geográfica bacia hidrográfica como regiões estratégicas para a gestão e o planejamento territorial. Desde então, toda e qualquer atividade voltada para o planejamento e ordenamento territorial em bacias hidrográficas tem utilizado desse expediente para o melhor entendimento da dinâmica socioambiental da bacia estudada.

No caso específico da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca - BHRI, objeto de estudo desta tese, optou-se por mapear, descrever e analisar as diversas classes de uso no período de 2000 a 2015, com o intuito de estabelecer um panorama pretérito e atual da bacia decorrente das atividades antrópicas que incidem sobre a mesma. O quadro 3.3, a tabela 3.1 e as figuras 3.6, 3.7, 3.8 e 3.9 elencam, quantificam e espacializam, respectivamente, as classes utilizadas para a caracterização do uso e ocupação do solo da BHRI no período proposto, para um melhor entendimento dos processos de ocupação da bacia ao longo do tempo.

As classes de uso adotadas nesta pesquisa tiveram como referência o projeto MapBiomas, que tem como objetivo o mapeamento anual da cobertura e uso do solo do Brasil, com a participação de uma rede colaborativa composta por diversos especialistas nos biomas, usos da terra, sensoriamento remoto, SIG e ciência da informação. Desde então, o projeto tem contribuído para o entendimento da dinâmica do uso do solo no Brasil e em outros países (MAPBIOMAS, 2019).

Quadro 3.3: Classes utilizadas para caracterização do uso do solo e ocupação do solo da BHRI.

| Classes e uso | Descrição |
|------------------------------|--|
| Agricultura ou pastagem | Áreas de uso agropecuário onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura. |
| Pastagem | Áreas de pastagens, naturais ou plantadas, vinculadas à atividade agropecuária. |
| Vegetação campestre (campos) | Tipos de vegetação com predomínio de espécies herbáceas (Savana-Estépica Parque, Savana-Estépica Gramíneo-Lenhosa, Savana Parque, Savana Gramíneo-Lenhosa) + áreas inundáveis com uma rede de lagoas interligadas, localizadas ao longo dos cursos de água e em áreas de depressões que acumulam água, vegetação predominantemente herbácea a arbustiva. |

MAPEAMENTO E ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO
 COMO SUBSÍDIO AO PLANEJAMENTO E ORDENAMENTO
 TERRITORIAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

Quadro 3.3: Classes utilizadas para caracterização do uso do solo e ocupação do solo da BHRI.

| Classes e uso | Descrição |
|-----------------------|--|
| Floresta aberta | Tipos de vegetação com predomínio de espécies de dossel semicontínuo (Savana-Estépica Arborizada, Savana Arborizada). |
| Floresta densa | Tipos de vegetação com predomínio de dossel contínuo (Savana-Estépica Florestada, Floresta Estacional Semidecidual, Decidual). |
| Infraestrutura urbana | Áreas urbanizadas com predomínio de superfícies não vegetadas há mais de cinco anos, incluindo estradas, vias e construções. Caracterizada pela edificação contínua e a existência de equipamentos sociais destinados às funções urbanas básicas, como habitação, trabalho, recreação e circulação. |
| Mangue | Formações florestais, densas, sempre verdes, frequentemente inundadas pela maré e associadas ao ecossistema costeiro de manguezal. São ambientes costeiros de transição entre os ambientes terrestre e marinho - constituem zonas de elevada produtividade biológica, compondo habitats de desova e alimentação para muitas espécies, propiciando ainda ciclagem de nutrientes e troca de matéria orgânica com ecossistemas. |
| Corpos d'água | Rios, lagos, represas, reservatórios e outros corpos d'água. |
| Praias e dunas | Cordões arenosos, de coloração branco brilhante, onde não há o predomínio de vegetação de nenhum tipo. Área sujeita à influência de fatores ambientais, como marés, ventos, chuvas e ondas, o que faz com que seja uma região dinâmica. Possui baixa diversidade de espécies e poucos indicadores de dominância entre as espécies. Normalmente utilizada como área de lazer pela população. |

Fonte: MapBiomias, 2019.

Tabela 3.1: Características do uso e ocupação do solo da bacia do rio Ipojuca, PE, no período de 2000 a 2015.

| Classes | Classes de usos | | | | | | | |
|------------------------------|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 2000 | | 2005 | | 2010 | | 2015 | |
| | Área (ha) | % na bacia | Área (ha) | % na bacia | Área (ha) | % na bacia | Área (ha) | % na bacia |
| Agricultura ou pastagem | 112.569,55 | 32,74 | 109.040,07 | 31,71 | 120.686,18 | 35,10 | 99.554,94 | 28,95 |
| Pastagem | 61.836,08 | 17,98 | 72.705,50 | 21,14 | 51.193,87 | 14,89 | 78.092,07 | 22,71 |
| Vegetação campestre (campos) | 8.362,65 | 2,43 | 7.570,32 | 2,20 | 3.982,89 | 1,16 | 12.993,92 | 3,78 |
| Floresta aberta | 127.023,35 | 36,94 | 126.573,45 | 36,81 | 126.364,53 | 36,75 | 108.428,92 | 31,53 |
| Floresta densa | 28.634,78 | 8,33 | 19.954,58 | 5,80 | 28.918,60 | 8,41 | 24.107,51 | 7,01 |
| Infraestrutura urbana | 4.612,27 | 1,34 | 6.543,70 | 1,90 | 11.067,53 | 3,22 | 19.540,00 | 5,68 |
| Mangue | 535,56 | 0,16 | 539,38 | 0,16 | 545,78 | 0,16 | 516,38 | 0,15 |
| Corpos d'água | 302,44 | 0,09 | 934,31 | 0,27 | 1.112,67 | 0,32 | 634,84 | 0,18 |
| Praias e dunas | 3,64 | 0,00 | 18,92 | 0,01 | 8,17 | 0,00 | 11,63 | 0,00 |
| Total | 343.880,22 | 100,00 | 343.880,22 | 100,00 | 343.880,22 | 100,00 | 343.880,22 | 100,00 |

Fonte: Adaptado de MapBiomass, 2018.

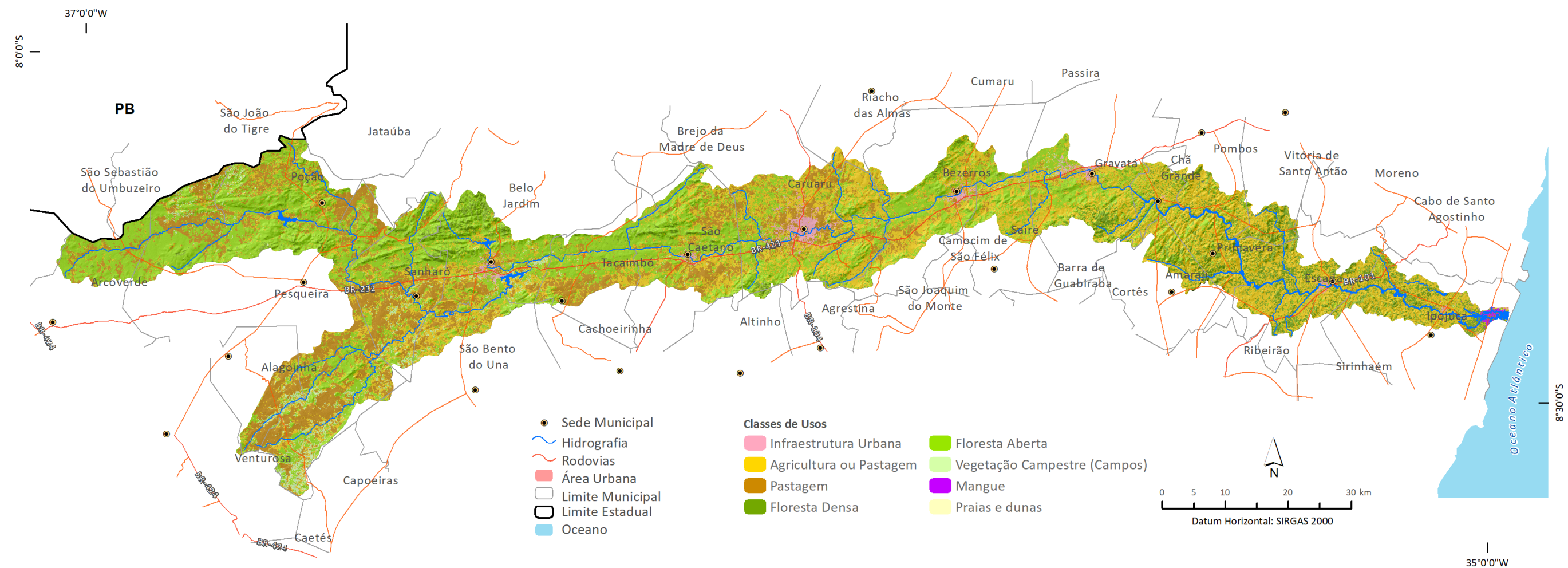


Figura 3.6: Mapa das classes de uso do solo da BHRI no ano 2000.
Fontes: DNIT - rodovias.
IBGE - limites municipais, estaduais e sedes municipais.
Governo de Pernambuco - Plano Hidroambiental - limite da bacia do rio Ipojuca.
MapBiomas - uso do solo.
Elaboração própria.



103



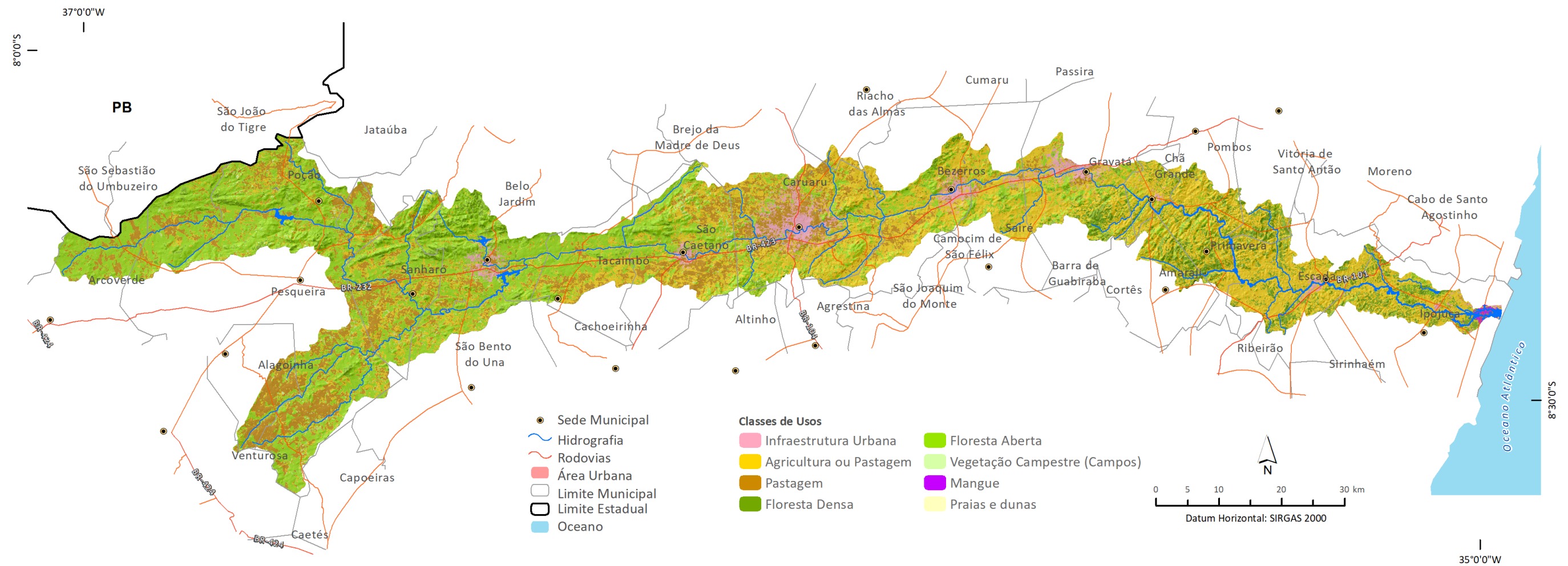


Figura 3.8: Mapa das classes de uso do solo da BHRI no ano 2010.
Fontes: DNIT - rodovias.
IBGE - limites municipais, estaduais e sedes municipais.
Governo de Pernambuco - Plano Hidroambiental - limite da bacia do rio Ipojuca.
MapBiomas - uso do solo.
Elaboração própria.



107



3.1.1 Agricultura e pastagem na BHRI

Já sabemos o que é a paisagem natural dominante nas áreas de Caatinga do agreste, com seus morros escalvados, suas cristas eriçadas e pedregosas, a nudez angulosa e áspera das terras rochosas onde o poder vivificante da água só chega para vestir as superfícies com um manto de decomposição escasso e descontínuo e com uma roupagem vegetal raquítica e enfezada. A visão desses aspectos pode criar a impressão de tratar-se de terras sempre sáfaras, incapazes de oferecer uma produção apreciável e de abrigar um povoamento correspondente apreciável. Mas, a área de Caatinga agrestina possui também seus lugares favoráveis e sua estação propícia. Os lugares favoráveis são os terrenos de pequenas baixadas, de sopés de encostas e de terraços baixos. A estação propícia é o curto período chuvoso que transmuda a paisagem vegetal e rega as manchas agrícolas (MELO, 2012, p. 115).

Mesmo com as restrições relatadas na citação acima, quanto às dificuldades de manutenção e desenvolvimento dos sistemas de produção de alimentos em virtude dos constantes efeitos negativos do clima, como as secas no Nordeste brasileiro, a agricultura desempenha um papel importante na economia regional, com destaque para a agricultura familiar, ocupando cerca de 82,6% da mão de obra da produção agrícola da região (IPEA, 2012).

Na BHRI, a classe de uso agricultura e pastagem – que representa as áreas de uso agropecuário onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura nas imagens de satélites analisadas – abrange uma área significativa, ocupando uma média de 32% da área da bacia, levando em consideração o período de análise desta tese, variando de 112.569,55 ha na década de 2000 para 99.554,94 ha em 2015, representando um percentual de 32,74% e 28,95% da bacia, respectivamente (figura 3.10). Essa variação se dá justamente pela influência que os efeitos climáticos exercem sobre a produção agrícola na bacia.

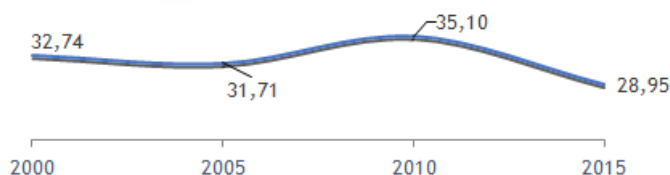


Figura 3.10: Evolução da classe de uso agricultura e pastagem na BHRI, 2000/2015 (%).

Fonte: MapBiomias, 2015.

As práticas agrícolas na bacia são bastante variadas. Contudo, é possível observar dois traços marcantes, característicos da produção agrícola na bacia. Conforme observado nas figuras 3.11 e 3.12, na região litorânea (úmida) à jusante da bacia, nota-se o domínio da monocultura da cana-de-açúcar produzida pela agroindústria nos vales do rio Ipojuca e seus tributários, que na visão de Melo (2012), governa imperialmente as atividades humanas e as feições da paisagem

da região desde a metade do século XVI, associada a bolsões de agricultura familiar em pequenas propriedades de sitiantes e moradores que possuem suas roças em torno de suas casas ou em áreas previamente cedidas pelos proprietários. À época, a instalação da produção de cana-de-açúcar na região se deu devido ao rio – elemento físico de maior influência na localização de núcleos açucareiros na região. O rio oferecia, ao mesmo tempo, solo para a cana e água para os engenhos (MELO, 2012).

O domínio territorial usineiro torna-se mais completo, mais fechado e mais rígido. A paisagem dos canaviais recebe também o influxo dos processos de agricultura evoluída (...). O latifúndio explorado de modo amplo, contínuo e intenso exhibe em suas feições aqueles mesmos fundamentos que estão na base da organização industrial: o do processo técnico e o da organização capitalista comercial. Está-se vendo que, nesse quadro, a monocultura canavieira, inseparável da grande exploração agrícola, quase não deixa lugar para outras atividades. (...) o açúcar aqui tem sido e continua sendo tudo ou quase tudo (MELO, 2012, p. 96).



Figura 3.11: Domínio da monocultura da cana-de-açúcar na região litorânea da BHRI.
Fonte: Pesquisa de campo, 2018.

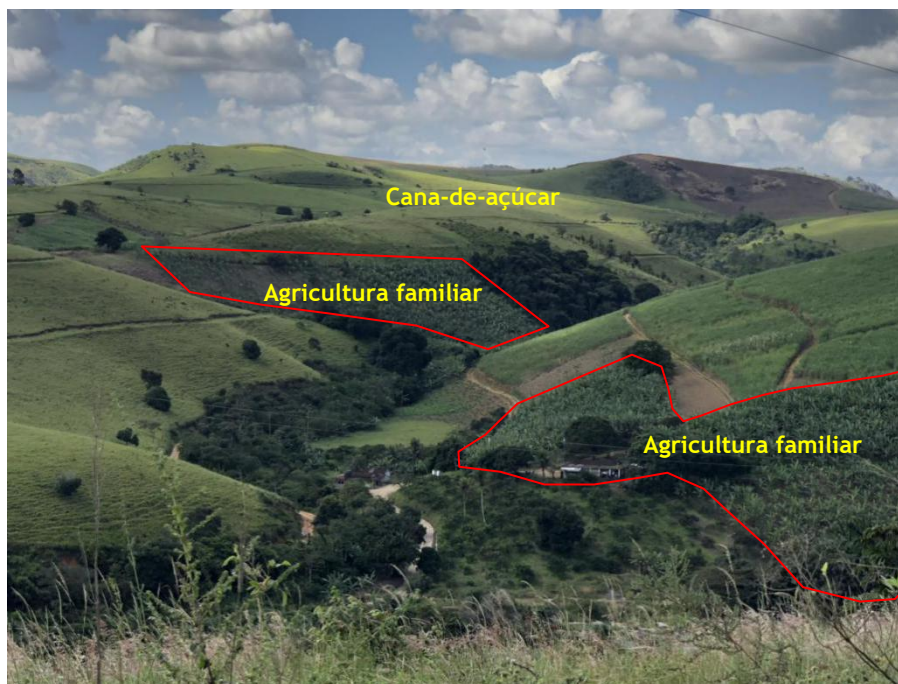


Figura 3.12: Pequenos bolsões de agricultura familiar entre a paisagem dominante da monocultura da cana-de-açúcar na região litorânea da BHRI.
Fonte: Pesquisa de campo, 2018.

Diferentemente da região litorânea, a região agreste (montante) da bacia é caracterizada pela policultura, onde a ausência de várzeas largas faz com que o cultivo se estenda ao longo do curso do rio Ipojuca, nos baixos terraços que são aproveitados pela rodovia que faz a ligação leste-oeste, pelas lavouras e pela infraestrutura urbana das cidades de Gravatá, Bezerros, Caruaru, São Caetano, Belo Jardim e Sanharó. Esses cultivos são típicos da agricultura de subsistência, como o milho, o feijão, a mandioca, a banana, batata-doce, melancia, melão e amendoim, entre outros, geralmente associados à pequena propriedade rural sob forma de pequenos sítios, conforme observado nas figuras 3.13, 3.14 e 3.15. Durante a pesquisa de campo, não foi identificado o predomínio de um tipo de cultivo perante os demais como percebido na região litorânea com a cana-de-açúcar. A abundância desses cultivos em praticamente todos os municípios que compõem a bacia se dá em função do seu curto ciclo vegetativo. Geralmente são plantados no começo do período de chuva ou no inverno e colhidos no início do período seco ou no verão.



Figura 3.13: Agricultura familiar na região agreste da bacia.
Fonte: Pesquisa de campo, 2018.



Figura 3.14: Cultivo de mandioca e banana às margens do rio Ipojuca.
Fonte: Pesquisa de campo, 2018.



Figura 3.15: Cultivo de hortaliças.
Fonte: Pesquisa de campo, 2018.

Os municípios de Vitória de Santo Antão, Riacho das Almas, Primavera, Pombos, Ipojuca, Escada, Chã Grande, Amaraji e Agrestina são os que mais contribuem com essa classe de uso, com o percentual de suas áreas inseridas na bacia superior a 50% voltado para a produção agropecuária, conforme indicado na tabela 3.2. Parte dessa produção é vendida nas feiras livres da região (figuras 3.16 e 3.17).



Figura 3.16: Feira livre do município de Gravatá, PE.
Fonte: Pesquisa de campo, 2018.



Figura 3.17: Feira livre do município de Gravatá, PE.
Fonte: Pesquisa de campo, 2018.

Melo (2012) destaca ainda que em meio às manchas agrícolas na paisagem da Caatinga, surge outra parte maior e mais hostil, que sobra da ação seletiva de solo realizada pela agricultura, destinada ao pastoreio extensivo (onde o gado vive solto), separada das áreas agrícolas por longas cercas, que na visão do autor define bem os limites de uso da terra na região (figuras 3.18 e 3.19). Os municípios de Pesqueira, São Bento do Una e Sanharó formam a principal zona de produção leiteira da região.

As extensões da Caatinga destinadas apenas à criação extensiva possuem ocupação rarefeita, explicada pela pequena produtividade do tipo de aproveitamento por elas permitido (MELO, 2012).



Figura 3.18: Áreas de pastagens ao longo da bacia.
Fonte: Pesquisa de campo, 2018.



Figura 3.19: Áreas de pastagens ao longo da bacia.
Fonte: Pesquisa de campo, 2017.



Tabela 3.2: Classes de Usos da bacia do rio Ipojuca, 2015.

| Município | Área do município (ha) | Área do Município na bacia (ha) | Área do município na bacia (%) | Agricultura ou pastagem | | | Pastagem | | | Vegetação campestre (campos) | | | Floresta aberta | | | Floresta densa | | | Infraestrutura urbana | | | Mangue | | | Corpos d'água | | | Praias e dunas | | | Área total da bacia |
|------------------------|------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------|------------|--|-----------|------------|--|------------------------------|------------|--|-----------------|------------|--|----------------|------------|--|-----------------------|------------|--|-----------|------------|--|---------------|------------|--|----------------|------------|--|---------------------|
| | | | | Área (ha) | % na bacia | % na área do município inserida na bacia | Área (ha) | % na bacia | % na área do município inserida na bacia | Área (ha) | % na bacia | % na área do município inserida na bacia | Área (ha) | % na bacia | % na área do município inserida na bacia | Área (ha) | % na bacia | % na área do município inserida na bacia | Área (ha) | % na bacia | % na área do município inserida na bacia | Área (ha) | % na bacia | % na área do município inserida na bacia | Área (ha) | % na bacia | % na área do município inserida na bacia | Área (ha) | % na bacia | % na área do município inserida na bacia | |
| Agrestina | 20.517,80 | 40,27 | 0,20 | 26,33 | 0,01 | 65,38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7,48 | 0,00 | 18,58 | 6,39 | 0,00 | 15,87 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,16 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 40,27 |
| Alagoinha | 20.499,00 | 6.281,51 | 30,64 | 981,92 | 0,29 | 15,63 | 3.909,42 | 1,14 | 62,24 | 506,45 | 0,15 | 8,06 | 880,28 | 0,26 | 14,01 | 3,01 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,44 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6.281,51 |
| Altinho | 46.438,90 | 304,29 | 0,66 | 55,36 | 0,02 | 18,19 | 0,98 | 0,00 | 0,32 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 104,78 | 0,03 | 34,43 | 143,18 | 0,04 | 47,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 304,29 |
| Amaraji | 24.058,60 | 5.740,62 | 23,82 | 3.831,38 | 1,11 | 66,74 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 286,61 | 0,08 | 4,99 | 1.615,89 | 0,47 | 28,15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,74 | 0,00 | 0,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5.740,62 |
| Arcoverde | 36.285,90 | 9.772,40 | 26,31 | 439,60 | 0,13 | 4,50 | 2.649,98 | 0,77 | 27,12 | 234,66 | 0,07 | 2,40 | 6.424,19 | 1,87 | 65,74 | 23,96 | 0,01 | 0,25 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9.772,40 |
| Belo Jardim | 66.196,80 | 24.058,59 | 36,34 | 3.536,94 | 1,03 | 14,70 | 1.616,77 | 0,47 | 6,72 | 1.299,92 | 0,38 | 5,40 | 11.507,38 | 3,35 | 47,83 | 3.400,29 | 0,99 | 14,13 | 2.499,21 | 0,73 | 10,39 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 198,08 | 0,06 | 0,82 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 24.058,59 |
| Bezerras | 50.456,70 | 21.172,93 | 41,93 | 5.876,21 | 1,71 | 27,75 | 6.374,89 | 1,85 | 30,11 | 460,75 | 0,13 | 2,18 | 6.273,47 | 1,82 | 29,63 | 157,69 | 0,05 | 0,74 | 2.029,92 | 0,59 | 9,59 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 21.172,93 |
| Cachoeirinha | 18.487,10 | 172,84 | 0,94 | 29,46 | 0,01 | 17,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10,58 | 0,00 | 6,12 | 131,56 | 0,04 | 76,12 | 1,24 | 0,00 | 0,72 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 172,84 | |
| Caruaru | 94.110,80 | 38.815,59 | 41,24 | 8.752,66 | 2,55 | 22,55 | 12.484,26 | 3,63 | 32,16 | 573,96 | 0,17 | 1,48 | 7.707,34 | 2,24 | 19,86 | 596,05 | 0,17 | 1,54 | 8.645,71 | 2,51 | 22,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 55,61 | 0,02 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 38.815,59 |
| Chã Grande | 7.127,29 | 5.740,15 | 80,39 | 3.561,08 | 1,04 | 62,04 | 58,08 | 0,02 | 1,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 928,90 | 0,27 | 16,18 | 961,78 | 0,28 | 16,76 | 227,65 | 0,07 | 3,97 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,66 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5.740,15 |
| Escada | 35.376,60 | 19.705,01 | 55,55 | 15.428,87 | 4,49 | 78,30 | 4,97 | 0,00 | 0,03 | 4,35 | 0,00 | 0,02 | 301,31 | 0,09 | 1,53 | 3.518,58 | 1,02 | 17,86 | 439,21 | 0,13 | 2,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7,72 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 19.705,01 |
| Gravatá | 52.266,00 | 19.636,08 | 37,51 | 6.842,28 | 1,99 | 34,85 | 3.352,15 | 0,97 | 17,07 | 217,48 | 0,06 | 1,11 | 3.453,88 | 1,00 | 17,59 | 2.584,15 | 0,75 | 13,16 | 3.170,16 | 0,92 | 16,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 15,97 | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 19.636,08 |
| Ipojuca | 53.999,20 | 15.076,82 | 27,83 | 10.069,05 | 2,93 | 66,78 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,44 | 0,00 | 0,00 | 300,52 | 0,09 | 1,99 | 3.619,25 | 1,05 | 24,01 | 355,79 | 0,10 | 2,36 | 516,38 | 0,15 | 3,43 | 203,75 | 0,06 | 1,35 | 11,63 | 0,00 | 0,08 | 15.076,82 |
| Pesqueira | 102.074,00 | 59.075,45 | 57,76 | 6.557,78 | 1,91 | 11,10 | 18.931,33 | 5,51 | 32,05 | 3.886,95 | 1,13 | 6,58 | 28.569,69 | 8,31 | 48,36 | 1.074,47 | 0,31 | 1,82 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 55,24 | 0,02 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 59.075,45 | |
| Pombos | 21.187,00 | 6.602,63 | 31,10 | 5.379,86 | 1,56 | 81,48 | 5,15 | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 337,05 | 0,10 | 5,10 | 860,16 | 0,25 | 13,03 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 20,24 | 0,01 | 0,31 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6.602,63 | |
| Poção | 20.391,00 | 18.316,34 | 89,55 | 2.860,87 | 0,83 | 15,62 | 4.604,98 | 1,34 | 25,14 | 1.116,04 | 0,32 | 6,09 | 9.396,30 | 2,73 | 51,30 | 302,26 | 0,09 | 1,65 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 35,89 | 0,01 | 0,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 18.316,34 | |
| Primavera | 11.238,90 | 9.027,77 | 80,15 | 6.558,59 | 1,91 | 72,65 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 534,10 | 0,16 | 5,92 | 1.895,09 | 0,55 | 20,99 | 38,93 | 0,01 | 0,43 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,07 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9.027,77 |
| Riacho das Almas | 31.928,90 | 906,67 | 2,84 | 484,48 | 0,14 | 53,44 | 290,74 | 0,08 | 32,07 | 1,69 | 0,00 | 0,19 | 128,43 | 0,04 | 14,17 | 1,33 | 0,00 | 0,15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 906,67 | |
| Sairé | 19.991,60 | 7.467,74 | 37,31 | 1.966,41 | 0,57 | 26,33 | 2.075,28 | 0,60 | 27,79 | 78,89 | 0,02 | 1,06 | 2.702,71 | 0,79 | 36,19 | 34,06 | 0,01 | 0,46 | 610,38 | 0,18 | 8,17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7.467,74 |
| Sanharó | 26.064,70 | 24.744,26 | 94,93 | 4.203,14 | 1,22 | 16,99 | 8.161,03 | 2,37 | 32,98 | 1.190,04 | 0,35 | 4,81 | 9.630,41 | 2,80 | 38,92 | 1.188,23 | 0,35 | 4,80 | 360,79 | 0,10 | 1,46 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10,63 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 24.744,26 |
| São Bento do Una | 74.213,80 | 7.189,61 | 9,69 | 1.871,33 | 0,54 | 26,03 | 1.484,35 | 0,43 | 20,65 | 1.117,07 | 0,32 | 15,54 | 2.689,33 | 0,78 | 37,41 | 27,09 | 0,01 | 0,38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,44 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7.189,61 | |
| São Caetano | 39.108,00 | 25.793,62 | 65,92 | 3.079,02 | 0,90 | 11,94 | 10.196,13 | 2,97 | 39,53 | 1.031,56 | 0,30 | 4,00 | 9.724,31 | 2,83 | 37,70 | 581,82 | 0,17 | 2,26 | 1.162,08 | 0,34 | 4,51 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 18,70 | 0,01 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 25.793,62 |
| Tacaimbó | 23.206,00 | 13.914,55 | 59,96 | 4.476,72 | 1,30 | 32,17 | 1.842,68 | 0,54 | 13,24 | 1.236,18 | 0,36 | 8,88 | 6.282,77 | 1,83 | 45,15 | 74,61 | 0,02 | 0,54 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,60 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 13.914,55 | |
| Venturosa | 34.588,20 | 132,80 | 0,38 | 24,33 | 0,01 | 18,32 | 48,91 | 0,01 | 36,83 | 26,30 | 0,01 | 19,80 | 33,26 | 0,01 | 25,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 132,80 | |
| Vitória de Santo Antão | 37.942,30 | 4.191,67 | 11,02 | 2.661,25 | 0,77 | 63,49 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,62 | 0,00 | 0,01 | 92,85 | 0,03 | 2,22 | 1.436,95 | 0,42 | 34,28 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4.191,67 | |
| Total Geral | 343.880,22 | | | 99.554,94 | | | 78.092,07 | | | 12.993,92 | | | 108.428,92 | | | 24.107,51 | | | 19.540,00 | | | 516,38 | | | 634,84 | | | 11,63 | | | 343.880,22 |

Fonte: Adaptado de MapBiomass, 2018.



Além da criação de bovinos, destaca-se também a criação de caprinos e ovinos. Porém, a falta de manejo conservacionista do solo e de práticas melhoradoras de pastagem contribuem para a existência de rebanhos com baixos padrões zootécnicos e para a degradação crescente dos solos e da vegetação, conforme observado nas figuras 3.20 e 3.21 (PERNAMBUCO, 2010).



Figura 3.20: Presença de animais, com aparente degradação vegetal e exposição do solo, município de Sanharó.

Fonte: Pernambuco, 2010.



Figura 3.21: Presença de animais, com aparente degradação vegetal e exposição do solo, município de Sanharó.

Fonte: Pernambuco, 2010.

3.1.2 Cobertura vegetal na BHRI

Durante as pesquisas relativas ao uso e cobertura do solo na BHRI, foram identificadas quatro classes de cobertura vegetal predominantes na bacia. São elas: vegetação campestre (campos), floresta aberta, floresta densa, além da vegetação típica de manguezal, que somadas chegam a ocupar 146.046,73 ha (42,47%) da área total da bacia.

Conforme já abordado no quadro 3.3, a vegetação campestre é aquele tipo de cobertura vegetal com predomínio de espécies herbáceas-arbustivas (figura 3.22), que geralmente ocorrem próximas a áreas inundáveis e ao longo de cursos d'água. Essa classe possui pouca representatividade, com apenas 3,78% da composição da cobertura vegetal da bacia, acima apenas para a vegetação de manguezal com 0,15% (figura 3.23).



Figura 3.22: Presença de vegetação herbácea-arbustiva no alto curso da bacia.
Fonte: Pernambuco, 2010.

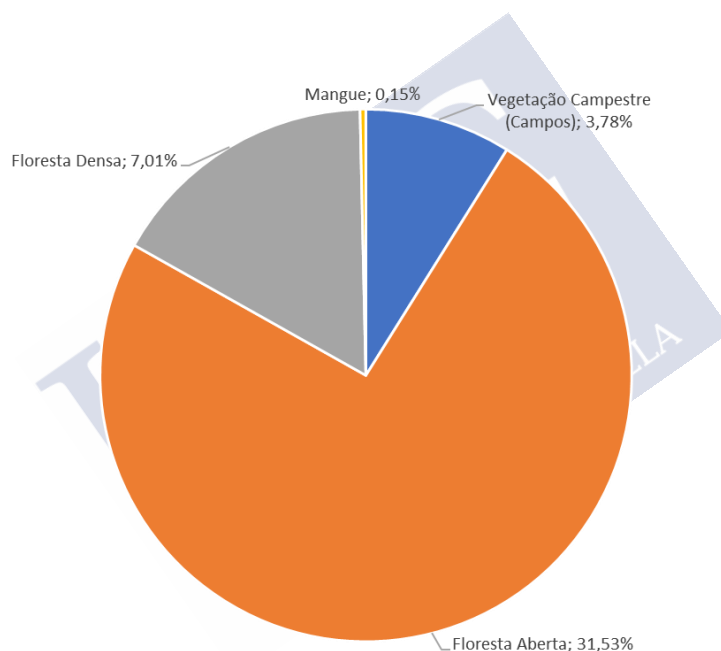


Figura 3.23: Classes de cobertura vegetal predominantes na bacia.
Fonte: MapBiomias, 2015.

Na região agreste da bacia, essas áreas estão relacionadas em grande parte às regiões de tabuleiros, com frequentes indícios de descaracterização da cobertura vegetal dominando grandes extensões de atividades antrópicas, onde as fitofisionomias originais foram quase completamente substituídas por pastagens (PERNAMBUCO, 2010). Segundo Melo (2012), as matas e as formações campestres são difíceis de marcar em um mapa, pois sua distribuição ocorre pontualmente em toda a bacia,

ora alternam-se, ora sucedem-se as manchas de terras onde se acham representados. E o quadro geral ainda mais se complica pela ocorrência de formas transicionais em

que a mistura da composição florística dá ensejo ao aparecimento de aspectos fisionômicos dificilmente enquadráveis em qualquer das categorias mencionadas (MELO, 2012, p. 62).

Diversamente da vegetação campestre, as florestas abertas que compõem a paisagem da BHRI são formações vegetacionais de médio porte, com predomínio de espécies de dossel semicontínuo, com características de savana-estépica arborizada e conhecida no Nordeste do Brasil como Caatinga. Na década de 2000, essa classe chegou a ocupar cerca de 36,94% da área da bacia, com 127.023,35 ha (tabela 3.1). Contudo, em virtude dos impactos provocados pelo avanço das atividades antrópicas, ao longo dos anos sua função foi sendo substituída por outros usos e em 2015 essa classe de uso chegou a ocupar 31,53% da bacia, perdendo cerca de 5,41% de sua área em relação ao período anterior. Os municípios de Pesqueira e Poção são os que mais contribuem para a presença dessa classe na bacia, com 48,45% e 51,46%, respectivamente, de suas áreas inseridas na bacia (tabela 3.2). Ao observarmos a figura 3.24, nota-se a presença dessa classe de uso ao longo das margens do rio Ipojuca.



Figura 3.24: Presença de Caatinga arbustiva com árvores esparsas às margens do rio Ipojuca.
Fonte: Pernambuco, 2010.

A floresta estacional semidecidual e a savana-estépica florestada são as duas características das formações vegetacionais que compõem a cobertura vegetal das florestas densas encontradas na BHRI, abrangendo uma área de 24.107,51 ha ou 7,01% da bacia. A savana-estépica florestada,

diferentemente da savana-estépica arborizada discutida no parágrafo anterior, compreende o tipo de cobertura vegetal com dossel contínuo, caracterizada pela Caatinga arbórea, e ambas ocorrem com maior frequência na região agreste da bacia. Já a floresta estacional semidecidual é uma formação vegetacional típica do bioma Mata Atlântica e ocorre geralmente na região (úmida) litorânea da bacia, podendo ocorrer ocasionalmente no Cerrado, devido às características climáticas.

No domínio da Mata Atlântica, há poucos fragmentos florestais. Estes são encontrados na forma de pequenas ilhas de vegetação natural em meio a extensos canaviais ou áreas de policultura. Tal situação faz com que grande parte dessas áreas, que envolvem desde florestas ombrófilas a estacionais, esteja intensamente atingida pelos processos de fragmentação dos habitats naturais, constituindo um fator de risco à biodiversidade local: seja pelas ameaças advindas dos efeitos de borda, seja pela redução e isolamento desses fragmentos (PERNAMBUCO, 2010, p. 141) (figuras 3.25 e 3.26).

O Tomo I - Diagnóstico Hidroambiental da Bacia, elaborado pelo Governo do Estado de Pernambuco, apontou que a utilização dos recursos naturais nessas áreas é severamente limitada pela Lei da Mata Atlântica (n.º 11.428/2006). Contudo, de acordo com diagnóstico, nota-se a extração clandestina de material lenhoso principalmente para lenha e madeira de pequenas dimensões (varas, estacas, esteios). Do mesmo modo, o fogo, por meio acidental ou criminoso, é uma ameaça constante nas roças de mandioca e banana, bem como a queima da palha da cana-de-açúcar nas plantações circunvizinhas (PERNAMBUCO, 2010).



Figura 3.25: Pequeno fragmento florestal em meio ao plantio de cana-de-açúcar no município de Ipojuca.

Fonte: Pesquisa de campo, 2018.



Figura 3.26: Pequeno fragmento florestal em meio ao plantio de cana-de-açúcar no município de Escada.

Fonte: Pernambuco, 2010.

Os municípios que mais contribuem para ocorrência dessa classe de uso em relação a sua área do município inserida na bacia são: Amaraji (28,20%); Ipojuca (24,08%); Primavera (21,04%); e Vitória de Santo Antão (34,36%), todos localizados na região litorânea da bacia. Na região do Agreste, o município de Altinho é o que mais se destaca, com 47,02% de sua área do município inserida na bacia coberta por essa classe de uso.

Os manguezais são formações florestais densas, sempre verdes, frequentemente inundadas pela maré e associados ao ecossistema costeiro. Na bacia, são pouco representativos devido à intensa ação antrópica ocorrida ao longo dos anos na região, principalmente com a construção do porto de Suape. Tem sua presença apenas em 516,38 ha da bacia ao longo do estuário do rio Ipojuca (figura 3.27). As espécies principalmente encontradas são *Laguncularia racemosa*, *Rhizophora mangle*, *Conocarpus erecta* e *Avicennia spp*, além da *Acrosticum sp*. (PERNAMBUCO, 2010).



Figura 3.27: Fragmentos de manguezal no estuário do rio Ipojuca, próximo ao porto de Suape.
Fonte: Pernambuco (2010 *apud* Projetec, 2009).

3.1.3 Infraestrutura urbana na BHRI

Conforme indicado no quadro 3.3, a infraestrutura urbana da bacia representa as áreas urbanizadas com predomínio de superfícies não vegetadas há mais de cinco anos, incluindo estradas, vias e construções. São caracterizadas pela edificação contínua e a existência de equipamentos sociais destinados às funções urbanas básicas como habitação, trabalho,

recreação e circulação. Em 2015, essa classe de uso ocupava uma extensão territorial de aproximadamente 19.540,00 ha, cerca de 5,68% da área total da bacia (tabela 3.1). Apesar da pouca representatividade em relação à área total da bacia (343.880,22 ha), no período 2000 a 2015 essa classe de uso cresceu cerca de 324%, passando de 4.612,27 ha (1,34%) para 19.540,00 ha. Esse crescimento pode ser visivelmente observado ao analisar a expansão das manchas da infraestrutura urbana nos mapas de uso e ocupação do solo constantes das figuras 3.6, 3.7, 3.8 e 3.9. O impacto do crescimento das áreas de infraestrutura urbana teve rebatimento direto sobre a cobertura vegetal da bacia, nos corpos hídricos e na qualidade das ocupações urbanas dos municípios afetados (figuras 3.28, 3.29, 3.30 e 3.31).



Figura 3.28: Impactos da expansão desordenada da urbanização, município de Escada.
Fonte: Pesquisa de campo, 2018.



Figura 3.29: Impactos da expansão desordenada da urbanização, município de Ipojuca.
Fonte: Pesquisa de campo, 2018.



Figura 3.30: Impactos da expansão desordenada da urbanização às margens do rio Ipojuca, município de Primavera.
Fonte: Pernambuco, 2016.



Figura 3.31: Impactos da expansão desordenada da urbanização às margens do rio Ipojuca, município de Belo Jardim.
Fonte: Pesquisa de campo, 2018.

A classe de uso floresta aberta, por exemplo, perdeu 5,4% da sua extensão decorrente dessa ocupação no período analisado, seguido da floresta densa, com uma perda de 1,32% no mesmo

período. Dos 25 municípios que fazem interface com a bacia, somente 12 têm suas sedes urbanas localizadas dentro dos limites da bacia, conforme indicado no quadro 3.4. Os municípios que mais chamaram atenção pelo aumento da sua infraestrutura urbana no período analisado foram Gravatá, Belo Jardim e Caruaru, com 410%, 400% e 266%, respectivamente.

De acordo com o Diagnóstico do Ambiente Natural (PERNAMBUCO, 2010), o crescimento das áreas urbanas desses municípios ocorreu em função da expansão horizontal da urbanização, em parte impulsionada pelo surgimento de novos loteamentos e ocupações informais na franja urbana dessas cidades (figuras 3.32, 3.33 e 3.34) e pela implantação de novas indústrias vinculadas aos arranjos produtivos locais.



Figura 3.32: Villages à venda em zona de expansão no município de Gravatá.
Fonte: Pernambuco, 2010 *apud* Projetec, 2009.

Quadro 3.4: Comparativo entre a infraestrutura urbana no período 2000/2015.

| Município | Área do município (ha) | Área do município na bacia (ha) | Área do município na bacia (%) | Infraestrutura urbana | | | | | |
|------------------------|------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------|------------|--|-----------|------------|--|
| | | | | 2000 | | | 2015 | | |
| | | | | Área (ha) | % na bacia | % da área do município inserida na bacia | Área (ha) | % na bacia | % da área do município inserida na bacia |
| Agrestina | 20.517,80 | 40,27 | 0,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Alagoinha | 20.499,00 | 6.281,51 | 30,64 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Altinho | 46.438,90 | 304,29 | 0,66 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Amaraji | 24.058,60 | 5.740,62 | 23,82 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Arcoverde | 36.285,90 | 9.772,40 | 26,31 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Belo Jardim* | 66.196,80 | 24.058,59 | 36,34 | 499,96 | 0,15 | 2,08 | 2.499,21 | 0,73 | 10,39 |
| Bezerros* | 50.456,70 | 21.172,93 | 41,93 | 575,04 | 0,17 | 2,72 | 2.029,92 | 0,59 | 9,59 |
| Cachoeirinha | 18.487,10 | 172,85 | 0,94 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Caruaru* | 94.110,80 | 38.815,59 | 41,24 | 2.360,53 | 0,69 | 6,08 | 8.645,71 | 2,51 | 22,27 |
| Chã Grande* | 7.127,29 | 5.740,15 | 80,39 | 18,11 | 0,01 | 0,32 | 227,65 | 0,07 | 3,97 |
| Escada* | 35.376,60 | 19.705,01 | 55,55 | 193,51 | 0,06 | 0,98 | 439,21 | 0,13 | 2,23 |
| Gravatá* | 52.266,00 | 19.636,07 | 37,51 | 621,15 | 0,18 | 3,16 | 3.170,16 | 0,92 | 16,14 |
| Ipojuca* | 53.999,20 | 15.076,82 | 27,83 | 114,57 | 0,03 | 0,76 | 355,79 | 0,10 | 2,36 |
| Pesqueira | 102.074,00 | 59.075,45 | 57,76 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Pombos | 21.187,00 | 6.602,72 | 31,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,18 | 0,00 | 0,00 |
| Poção* | 20.391,00 | 18.316,34 | 89,55 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Primavera* | 11.238,90 | 9.027,77 | 80,15 | 3,49 | 0,00 | 0,04 | 38,93 | 0,01 | 0,43 |
| Riacho das Almas | 31.928,90 | 906,67 | 2,84 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Sairé | 19.991,60 | 7.467,74 | 37,31 | 25,26 | 0,01 | 0,34 | 610,38 | 0,18 | 8,17 |
| Sanharó* | 26.064,70 | 24.744,26 | 94,93 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 360,79 | 0,10 | 1,46 |
| São Bento do Una | 74.213,80 | 7.189,61 | 9,69 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| São Caetano* | 39.108,00 | 25.793,62 | 65,92 | 200,65 | 0,06 | 0,78 | 1.162,08 | 0,34 | 4,51 |
| Tacaimbó* | 23.206,00 | 13.914,55 | 59,96 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Venturosa | 34.588,20 | 132,80 | 0,38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Vitória de Santo Antão | 37.942,30 | 4.191,67 | 11,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Nota: *Municípios com sede dentro da bacia.

Fonte: MapBiomias, 2000/2015.



Figura 3.33: Loteamentos à venda em zona de expansão, município de Gravatá.
Fonte: <https://nossasenhoraauxiliadora.com.br/>. Acessado em: 11 nov. 2019.



Figura 3.34: Loteamentos em zona de expansão na franja urbana do município de Caruaru.
Fonte: Pernambuco, 2010 *apud* Projetc, 2009.

De acordo com Oliveira e Amorim (2017), no período 2004 a 2015, foram aprovados cerca de 54 novos empreendimentos em Caruaru, com os quais o tecido urbano se expandiu conforme pode ser observado nas figuras 3.35 e 3.36. Dos empreendimentos aprovados, 45 são loteamentos (abertos ou fechados) e nove condomínios em terrenos.

Dentre os tipos de ocupação que promovem a expansão territorial em Caruaru, são observados os loteamentos abertos, loteamentos fechados e os condomínios compostos por conjuntos de edifícios em terrenos. Enquanto os loteamentos abertos promovem o prolongamento do sistema viário público, os condomínios fechados agem como barreiras ao

crescimento. Apesar do aumento da incidência da tipologia de condomínios na expansão urbana recente, são os loteamentos abertos que permanecem como principal forma de crescimento (OLIVEIRA e AMORIM, 2017, p. 8).



Figura 3.35: Mancha urbana da sede de Caruaru, 2000.

Fonte: Pesquisa de campo, 2018.

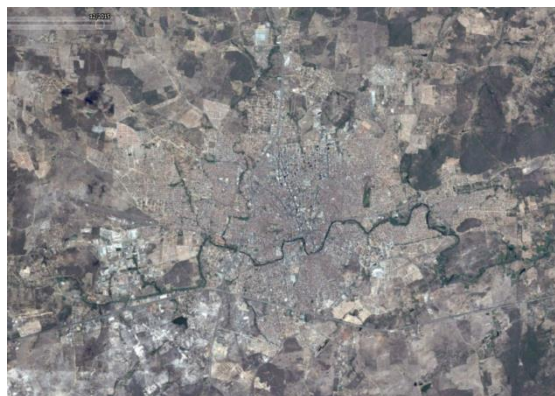


Figura 3.36: Mancha urbana da sede de Caruaru, 2015

Fonte: Pernambuco, 2010.

O Diagnóstico do Ambiente Natural (PERNAMBUCO, 2010) afirma ainda que um outro fator importante que tem contribuído para a expansão da área urbana do município de Caruaru decorre, principalmente, do seu fortalecimento enquanto principal centro de referência estadual de comércio e de serviços especializados do Agreste Central, com a implantação de shoppings centers, campi universitários, sedes regionais de instituições públicas, centros tecnológicos, além de novos empreendimentos econômicos associados ao polo têxtil e de confecções do Agreste pernambucano.

No caso de Gravatá, tal crescimento se deu muito devido ao fortalecimento do turismo no município nos últimos anos. Atualmente o município é um dos principais destinos turísticos internos. Localizado no planalto da Borborema, a uma altitude média de 447 m em relação ao nível do mar, o que faz com que o clima serrano se torne ideal para a prática de ecoturismo e turismo rural (figuras 3.37 e 3.38). Desse modo, muitos empresários do ramo de alimentos e bebidas se instalaram em Gravatá ao longo dos últimos 30 anos, fortalecendo ainda mais sua vocação turística como polo gastronômico da região (PERNAMBUCO, 2010).



Figura 3.37: Exposição da planta do Parque Ecoturístico Karawá em Gravatá.

Fonte: <https://karawata.com.br>. Acessado em: 12 nov. 2019.



Figura 3.38: Prática de ecoturismo Parque Ecoturístico Karawá, em Gravatá.

Fonte: <https://karawata.com.br>. Acessado em: 12 nov. 2019.

3.1.4 Corpos d'água da BHRI

Os corpos d'água que compõem a BHRI abrangem cerca de 634,84 ha, no ano de 2015. Contudo, ao analisar o quadro 3.1, observa-se que houve uma diferença nos valores encontrados em relação aos anos anteriores. Essa diferença se deu em função da intermitência de alguns rios afluentes que formam a bacia e da intermitência do próprio rio Ipojuca no período analisado. O rio Ipojuca nasce nas encostas da serra do Pau d'Arco (figura 3.39), no município de Arcoverde, a uma altitude de aproximadamente 900 m.



Figura 3.39: Nascente do rio Ipojuca (X 715883 Y 9078429).

Fonte: Pernambuco, 2017.

O rio percorre a bacia na direção oeste-leste, com regime fluvial intermitente até seu médio curso e se torna perene nos municípios de Gravatá e Chã Grande (figura 3.40). Durante seu

percurso, o rio Ipojuca banha diversas sedes municipais, com destaque para Sanharó, Belo Jardim, Tacaimbó, São Caetano, Caruaru, Bezerros, Gravatá, Primavera, Escada e Ipojuca.



Figura 3.40: Leito intermitente do rio Ipojuca, município de Gravatá.
Fonte: Pernambuco, 2017.

Ao longo da bacia, foram construídos diversos reservatórios de água conforme listado no quadro 3.5, com destaque para os reservatórios de Pão de Açúcar, Pedro Moura Júnior e Eng. Severino Guerra (Bituri), sendo os responsáveis pela maior capacidade de abastecimento de água para a região. De acordo com o Plano Hidroambiental da BHRI (PERNAMBUCO, 2010), os principais usos de suas águas são abastecimento humano, agropecuária, abastecimento industrial, navegação, turismo e lazer e geração de energia elétrica.

Quadro 3.5: Reservatórios da BHRI.

| Reservatório | Capacidade (m³) | Município |
|----------------------------------|-----------------|-------------|
| Belo Jardim (Pedro Moura Júnior) | 30.740.000 | Belo Jardim |
| Duas Serras | 2.032.289 | Poção |
| Eng. Severino Guerra | 17.776.470 | Belo Jardim |
| Manuíno | 2.021.000 | Bezerros |
| Pão-de-Açúcar | 41.140.000 | Pesqueira |
| Taquara | 1.100.000 | Caruaru |

Fonte: APAC - Agência Pernambucana de Águas e Clima.

De modo geral, as análises do uso e ocupação do solo BHRI apontaram que a interferência antrópica no meio ambiente com a ocupação inadequada do solo ao longo dos anos causou sérios impactos negativos aos recursos naturais, de modo a comprometer o equilíbrio dos

ecossistemas. Os dados ora apresentados evidenciaram uma realidade preocupante, pois os problemas ambientais decorrentes do uso intensivo, do manejo inadequado e, principalmente, da discrepância entre aptidão e uso do solo têm se agravado devido à perda da cobertura vegetal nativa.

Outro fator a considerar, o perfil longitudinal da bacia faz com que o rio Ipojuca, ao longo dos seus 320 km de extensão, percorra e divida a bacia em dois ambientes com características físico-ambientais completamente distintas – a Zona da Mata e o Agreste pernambucano –, o que tem refletido diretamente nas formas com que a população se apropria do seu espaço geográfico.

No Agreste pernambucano por exemplo, percebeu-se, durante a pesquisa, que a escassez hídrica provocada pelo baixo índice pluviométrico da região é um dos principais problemas a serem resolvidos, e a sua resolução é um grande desafio. Os longos períodos de estiagem fazem com que o rio Ipojuca apresente um padrão de vazão intermitente desde sua nascente até o município de Chã Grande, com chuvas concentradas ao longo de três meses e de forma torrencial, em sua maioria. A dinâmica fluvial recorrente nessa região da bacia caracteriza as paisagens como típicas dos ambientes semiáridos. Em função da intermitência dos recursos hídricos, durante o mapeamento do uso e ocupação do solo, para o ano de 2015, apenas 634,84 ha de massa d'água (0,18%) foram identificadas na bacia.

Esse cenário de longa estiagem provoca uma série de prejuízos aos agricultores, como perda de plantações e animais, fazendo com que a população procure novas áreas para o plantio e acabem abandonando as áreas já saturadas, aumentando ainda mais a degradação do solo. Outra preocupação a ser observada é que parte dessa população migra para os grandes centros urbanos da bacia ou para outras regiões do país. Os municípios de Gravatá, Belo Jardim e Caruaru refletem claramente essa situação, haja vista suas áreas urbanas terem aumentado significativamente nos últimos anos, com abertura de novos loteamentos em suas franjas periféricas provocando o espraiamento dessas áreas, demandando a implantação de novas infraestruturas, o que geralmente não ocorre na mesma velocidade com que a população ocupa as novas áreas. Caruaru e Gravatá merecem destaque como polos indutores de desenvolvimento para a região. No caso de Caruaru, o município tem se consolidado como agente polarizador da região em relação aos demais em função da grande oferta de comércio e serviços. Do mesmo modo, Gravatá ganha destaque com o crescimento do turismo devido ao seu clima serrano propício para o turismo rural.

Durante a pesquisa, constatou-se que a estrutura fundiária é outra característica marcante na região agreste da bacia, formada principalmente por pequenas e médias propriedades. Apesar da escassez hídrica já apontada e a dificuldade em manter uma produção agrícola constante, a região ganha destaque pela policultura, com uma variação muito grande de produtos agrícolas característicos da agricultura familiar. Associada à pecuária extensiva, tem sido a principal atividade econômica da região, dependendo, contudo, essencialmente do regime das chuvas da região.

Na Zona da Mata, verificam-se características bastante distintas em relação à zona agreste da bacia. Nessa região, o regime pluviométrico intenso provocado pela maritimidade torna o rio Ipojuca perene até a sua foz. Além do regime hídrico, as principais características que diferem a Zona da Mata da região agreste da bacia é sua estrutura fundiária e a produção agrícola. Ela é formada por grandes latifúndios, produtores de cana-de-açúcar, com a presença em menor escala de minifúndios formados por pequenos sítios, característicos da agricultura familiar. Verificou-se, durante as pesquisas, que o avanço na produção da cana tem provocado sérios impactos ambientais, com a ocupação de áreas de preservação permanente e ocupação irregular das reservas legais, além da ocupação irregular em áreas urbanas.

Com base nesse contexto, em relação ao uso e ocupação do solo, recomenda-se que as características elencadas, peculiares de cada região, devam obrigatoriamente ser observadas durante as etapas de futuros projetos de planejamento e ordenamento territorial pensados para a bacia, com atenção principalmente para os seguintes fatores: a) elaborar estudos sobre a demanda hídrica com a finalidade de adequar a produção agrícola com a capacidade hídrica da bacia; b) fortalecer a agricultura familiar, com a viabilização de acessos a créditos e financiamentos agrícolas e a capacitação em produção sustentável; c) fomentar o cooperativismo entre os pequenos produtores como alternativa de melhoria das relações entre produtor e consumidor no ambiente rural; d) fomentar investimentos para aumentar a competitividade das cooperativas no mercado; e) definir zonas de aptidão agrícola; f) elaborar e implementar planos diretores que assegurem o ordenamento das áreas urbanas dos municípios inseridos na bacia; g) identificar áreas de valor ecológico para implementação de unidades de conservação h) licenciar e fiscalizar os empreendimentos agrícolas inseridos na bacia, principalmente os produtores de cana-de-açúcar; i) fiscalizar,

identificar e adequar as atividades dos empreendimentos com base na política ambiental brasileira.





4. A VULNERABILIDADE AMBIENTAL COMO SUBSÍDIO AO PLANEJAMENTO E ORDENAMENTO TERRITORIAL - ESTUDO DE CASO DA BACIA DO RIO IPOJUCA - PE/BRASIL

Com o rápido crescimento populacional, os espaços geográficos têm sido ocupados de forma cada vez mais intensa, gerando impactos ambientais de relevância significativa nos sistemas ambientais. Diante de tal situação, as questões que envolvem a temática ambiental têm sido amplamente debatidas em todas as esferas de discussão científica, política e na sociedade como um todo, nas várias escalas de análise, por se tratar de um tema amplo e complexo e que engloba de forma inter-relacionada elementos da natureza e da sociedade.

O espaço geográfico é definido como resultado ou produto das relações sociais, o qual poderá ter variadas formas de organização, que dependerá das políticas de uso e ocupação do solo, características econômicas, além das formas de acesso às técnicas que cada sociedade possua, de modo que, historicamente, cada sociedade produz seu espaço como lugar de sua própria reprodução (SANTOS, 1978).

Desse modo, concorda-se com Santos (1978, p. 122) quando o autor afirma que “O espaço é um verdadeiro campo de forças cuja formação é desigual”. Em vista disso, “eis a razão pela qual a evolução espacial não se apresenta de igual forma em todos os lugares” (SANTOS, 1978).

Partindo dessa premissa, conclui-se que:

o espaço deve ser considerado como uma totalidade, a exemplo da própria sociedade que lhe dá vida (...) o espaço deve ser considerado como um conjunto de funções e formas que se apresentam por processos do passado e do presente (...) o espaço se define como um conjunto de formas representativas de relações sociais do passado e do presente e por uma estrutura representada por relações sociais que se manifestam através de processos e funções (SANTOS, 1978, p. 122).

Esse fato explica as discrepâncias na infraestrutura, na ocupação e na complexa relação entre atividades antrópicas e os sistemas ambientais. Segundo Christofoletti (1999, p. 35), “*os sistemas ambientais são entidades organizadas na superfície terrestre, de modo que a espacialidade se torna uma de suas características inerentes*”. A organização desses sistemas

vincula-se com a estruturação e o funcionamento de (e entre) seus elementos, assim como resulta da dinâmica evolutiva.

Ao se considerar a diferenciação entre os sistemas ambientais, assim como as diversas formas de apropriação do espaço geográfico pela sociedade, principalmente nas áreas de grande dinamismo onde as modificações na paisagem são relevantes, deve-se evidenciar os problemas ambientais decorrentes dessas transformações socioespaciais, dentre elas o impacto do rápido crescimento populacional que impulsiona uma pressão sobre os sistemas ambientais. Sua compreensão exige o entendimento da dinâmica dos processos ecológicos e humanos, isto é, das complexas e indissociáveis relações entre natureza e sociedade.

Segundo Spörl (2007) e Ross (2011), os sistemas ambientais, face às intervenções humanas, apresentam maior ou menor fragilidade em função de suas características genéticas. Desse modo, qualquer alteração nos diferentes elementos que compõem a natureza, como relevo, solo, vegetação, clima e recursos hídricos, resulta no comprometimento da funcionalidade dos sistemas, rompendo seu estado de equilíbrio dinâmico e, conseqüentemente, aumentando a fragilidade desses ambientes.

A princípio, salvo algumas regiões do planeta, os ambientes naturais mostram-se ou mostravam-se em equilíbrio dinâmico até o momento em que as sociedades humanas passaram progressivamente a intervir cada vez mais intensamente na exploração dos recursos naturais (ROSS, 2011, p. 1).

Assim sendo, é imprescindível que se façam inserções antrópicas compatíveis com as potencialidades e as limitações dos diferentes sistemas ambientais, o que torna cada vez mais necessária a gestão físico-territorial em bacias hidrográficas, não apenas voltada para os aspectos naturais, mas considerando também os fatores econômicos e sociais, compondo uma visão holística do ambiente.

No caso específico tratado aqui nesta tese, a BHRI, os impactos provocados por essas inserções antrópicas foram observados nas análises do uso e ocupação do solo da bacia, objeto de discussão do capítulo anterior, onde os processos de urbanização que hoje atuam na bacia, resultantes da ocupação sem planejamento, da construção de loteamentos com grandes condomínios, hotéis e pousadas, que, associados aos sistemas de cultivo da terra e ao comércio crescente, passaram, gradativamente, a interferir de forma mais intensa na apropriação dos recursos ambientais, causando significativas alterações na paisagem, num ritmo mais intenso que o determinado pela dinâmica da própria natureza que predomina na bacia.

Nos últimos anos, diante dessas demandas, as pesquisas sobre a fragilidade dos ambientes, juntamente com as análises de uso e ocupação do solo, têm crescido e ganhado relevância nos processos de planejamento e ordenamento territorial, haja vista se tratar de instrumentos cuja finalidade é identificar e analisar os ambientes em função de seus diferentes níveis de vulnerabilidade, principalmente frente aos processos erosivos, aos deslizamentos de encostas, ao assoreamento de cursos d'água e às inundações, bem como às formas de apropriação do espaço.

Na visão de Ross (1994), para se obter um panorama das condições de vulnerabilidade do sistema, faz-se necessário realizar um estudo integrado dos elementos componentes do estrato geográfico que dão suporte à vida animal e ao homem, os quais analisados e inter-relacionados geram um produto analítico-sintético que retrata a situação da área de estudo.

Para esse autor, os estudos integrados de determinado território

pressupõem o entendimento da dinâmica de funcionamento do ambiente natural com ou sem a intervenção das ações humanas (...) não pode ser formulado a partir de uma leitura estática do ambiente, mas inserida no entendimento do processo de ocupação que norteia o desenvolvimento e apropriação do território e de seus recursos (ROSS, 1994, p. 64).

Essa análise integrada permite obter um diagnóstico das diferentes categorias hierárquicas da fragilidade dos ambientes naturais, com o objetivo de conhecer e compreender a dinâmica do sistema e as transformações dele decorrentes para subsidiar as atividades de planejamento nas definições das ações prioritárias a serem tomadas, destinadas a assegurar a qualidade dos recursos hídricos e do solo e a conservação da biodiversidade, além de mensurar a capacidade ambiental de adaptar-se às novas atividades produtivas com o menor risco de causar degradação (NASCIMENTO & DOMINGUEZ, 2009).

De acordo com Ross (1994), os estudos analíticos inerentes à fragilidade, apresentados através de cartograma e textos, são documentos de grande relevância para as atividades de planejamento ambiental com foco no desenvolvimento sustentado, onde conservação e recuperação ambiental estão lado a lado com desenvolvimento tecnológico, econômico e social.

Concorda-se com Guerra e Cunha (2000) quando afirmam que:

para se ter o conhecimento das potencialidades dos recursos naturais de um determinado sistema natural, deve-se realizar um levantamento dos solos, relevo, rochas e minerais, das águas, do clima, da flora e fauna, enfim, de todos os componentes do estrato geográfico que dão suporte à vida animal e ao homem (GUERRA E CUNHA, 2000, p. 316).

Do mesmo modo, os autores supracitados concluem que:

para a análise da fragilidade, entretanto, exige-se que esses conhecimentos setorializados sejam avaliados de forma integrada, calcada sempre no princípio de que na natureza a funcionalidade é intrínseca entre as componentes físicas, bióticas e socioeconômicas (GUERRA E CUNHA, 2000, p. 316).

Nesse contexto, a paisagem é analisada sob uma visão holística, onde as variáveis definidas – pelas características biofísicas e humanas – são capazes de refletir as mudanças do comportamento em todo o sistema natural (NASCIMENTO & DOMINGUEZ, 2009). Ross (1994) sugere ainda que as fragilidades dos ambientes naturais devam ser avaliadas quando se pretende aplicá-las ao planejamento ambiental, baseando-se no conceito de Unidades Ecodinâmicas desenvolvido por Tricart (1977). À época, Tricart (1977) analisou o ambiente sob o amparo da Teoria de Sistemas, partindo do pressuposto de que na natureza as trocas de energia e matéria se processam através de relações de equilíbrio dinâmico, e que esse equilíbrio pode ser alterado pelas intervenções do homem nos diversos componentes da natureza, gerando estado de desequilíbrios temporários ou até permanentes (ROSS, 1994).

No âmbito das unidades ecodinâmicas preconizadas por Tricart (1977), o mesmo chegou à conclusão que os ambientes quando estão em equilíbrio dinâmico, ou seja, áreas onde a pedogênese se destaca, são estáveis; já as áreas em desequilíbrio, ou seja, onde ocorre o predomínio dos processos morfogenéticos, são consideradas instáveis. Do mesmo modo, o autor afirma que onde há uma compensação entre morfogênese e pedogênese têm-se áreas intermediárias.

As unidades ecodinâmicas instáveis foram definidas como sendo aquelas cujas intervenções antrópicas modificaram intensamente os ambientes naturais através dos desmatamentos e práticas de atividades econômicas diversas, enquanto as unidades ecodinâmicas estáveis são as que estão em equilíbrio dinâmico e foram poupadas da ação humana, encontrando-se, portanto, em seu estado natural (ROSS, 1994, p. 4).

Ross (1990 *apud* ROSS, 1994) inseriu novos critérios ao utilizar os conceitos de unidades ecodinâmicas estáveis e instáveis formulados por Tricart (1977), para que pudessem ser utilizados com vistas ao planejamento ambiental:

ampliou o uso do conceito, estabelecendo as Unidades Ecodinâmicas Instáveis ou de Instabilidade Emergente em vários graus, desde Instabilidade Muito Fraca a Muito Forte. Aplicou o mesmo para as Unidades Ecodinâmicas Estáveis que, apesar de estarem em equilíbrio dinâmico, apresentam Instabilidade Potencial qualitativamente previsível, face as suas características naturais e a sempre possível inserção antrópica. Desse modo, as Unidades Ecodinâmicas Estáveis apresentam-se como

Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial, em diferentes graus, tais como as de Instabilidade Emergente, ou seja, de Muito Fraca a Muito Forte (ROSS, 1994, p. 4).

Na proposta elaborada por Ross (1994), o autor recomenda que cada variável (geomorfologia, solos, cobertura vegetal/uso da terra e clima) deva ser hierarquizada em cinco classes de fragilidade, variando de 1 a 5, a depender do seu grau de fragilidade, de modo que as variáveis mais estáveis apresentem valores próximos de 1,0; as intermediárias, valores próximos de 3,0; e as mais vulneráveis, valores próximos de 5,0. Estabelece-se, dessa forma, as categorias hierárquicas variando de muito fraca a muito forte.

Segundo Spörl (2007), Ross (1994) cita a importância de se conhecer o papel de cada variável, uma vez que cada uma delas apresenta um certo grau de influência no ambiente, interferindo com maior ou menor intensidade.

Dessa forma, pode-se inferir que cada variável tem um grau de importância diferenciado na composição do nível de vulnerabilidade do sistema. Ou seja, as variáveis apresentam diferentes “pesos” (níveis de intensidade) os quais devem indicar sua contribuição relativa na definição do grau de fragilidade (SPÖRL, 2007, p. 25 e 26).

Spörl (2007) afirma que a análise integrada dos ambientes naturais proposta por Ross (1994) é fundamentada na concepção de Tricart (1977), a qual destaca a importância de se considerar no planejamento “*não somente as potencialidades dos recursos naturais, mas, sobretudo, as fragilidades dos ambientes naturais face as diferentes inserções dos homens na natureza*”.

Assim, Ross (1994) deixa claro ainda que:

Dentro dessa perspectiva de planejamento econômico e ambiental do território, quer seja ele municipal, estadual, federal, bacia hidrográfica ou qualquer outra unidade, é absolutamente necessário que as intervenções humanas sejam planejadas com objetivos claros de ordenamento territorial, tomando-se como premissas a potencialidade dos recursos naturais e humanos e as fragilidades dos ambientes (ROSS, 1994, p. 2).

Crepani *et al.* (2001), ao pesquisarem sobre a vulnerabilidade ambiental à perda de solos como subsídios ao Zoneamento Ecológico-Econômico - ZEE, assim como Ross (1994), apresentam outra metodologia baseada no conceito de ecodinâmica de Tricart (1977). Nesse método, Crepani *et al.* (2001) trabalham com valores aritméticos médios para o produto final, no qual todas as variáveis têm a mesma importância (peso) para o estabelecimento dos graus de fragilidade das Unidades Territoriais Básicas – UTB, e definem que a vulnerabilidade das

unidades de paisagem é estabelecida com base na relação morfogênese/pedogênese, conforme as seguintes categorias morfodinâmicas:

- **Meios estáveis:** cobertura vegetal densa; dissecação moderada; e ausência de manifestações vulcânicas.
- **Meios intergrades:** **balanço** entre as interferências morfogenéticas e pedogenéticas.
- **Meios fortemente instáveis:** condições bioclimáticas agressivas, com ocorrências de **variações** fortes e irregulares de ventos e chuvas; relevo com vigorosa dissecação; presença de solos rasos; inexistência de cobertura vegetal densa; planícies e fundos de vales sujeitos a inundações; e geodinâmica interna intensa.

De acordo com Crepani *et al.* (2001):

Os critérios desenvolvidos a partir desses princípios permitiram a criação de um modelo onde se buscou a avaliação, de forma relativa e empírica, do estágio de evolução morfodinâmica das unidades territoriais básicas, atribuindo valores de estabilidade às categorias morfodinâmicas (CREPANI *et al.*, 2001, p. 19):

Esses critérios podem ser observados no quadro 4.1.

Quadro 4.1: Avaliação da estabilidade das categorias morfodinâmicas.

| Categoria morfodinâmica | Relação pedogênese/morfogênese | Valor |
|--------------------------------|---------------------------------------|--------------|
| Estável | Prevalece a pedogênese | 1,0 |
| Intermediária | Equilíbrio pedogênese/morfogênese | 2,0 |
| Instável | Prevalece a morfogênese | 3,0 |

Fonte: Crepani *et al.*, 2001.

A partir dessa primeira aproximação, Crepani *et al.* (2001) buscaram contemplar maior variedade de categorias morfodinâmicas, de forma que se construiu uma escala de vulnerabilidade para situações que ocorram naturalmente. Partindo dessa premissa, os autores desenvolveram um modelo (quadro 4.2) onde foram definidas 21 classes de vulnerabilidade, de modo que: onde há o predomínio dos processos de pedogênese, atribuem-se valores próximos de 1,0; em situações intermediárias, atribuem-se valores próximos de 2,0 e em situações com predomínio de morfogênese, atribuem-se valores próximos de 3,0.

Quadro 4.2: Escala de vulnerabilidade das unidades territoriais básicas.

| Unidade de Paisagem | Média | | | Grau de Vulnerabilidade | Grau de Saturação | | | |
|---------------------|-------|-----|---|---------------------------------|-------------------|-------|------|-------|
| | | | | | Vermelho | Verde | Azul | Cores |
| U1 | ↑ | 3,0 | | Vulnerável | 255 | 0 | 0 | |
| U2 | | 2,9 | | | 255 | 51 | 0 | |
| U3 | | 2,8 | | | 255 | 102 | 0 | |
| U4 | V | 2,7 | | | 255 | 153 | 0 | |
| U5 | U | 2,6 | | Moderadamente Vulnerável | 255 | 204 | 0 | |
| U6 | L | 2,5 | E | | 255 | 255 | 0 | |
| U7 | N | 2,4 | S | | 204 | 255 | 0 | |
| U8 | E | 2,3 | T | | 153 | 255 | 0 | |
| U9 | R | 2,2 | A | Medianamente estável/vulnerável | 102 | 255 | 0 | |
| U10 | A | 2,1 | B | | 51 | 255 | 0 | |
| U11 | B | 2,0 | I | | 0 | 255 | 0 | |
| U12 | I | 1,9 | L | | 0 | 255 | 51 | |
| U13 | L | 1,8 | I | Moderadamente estável | 0 | 255 | 102 | |
| U14 | I | 1,7 | D | | 0 | 255 | 153 | |
| U15 | D | 1,6 | A | | 0 | 255 | 204 | |
| U16 | A | 1,5 | D | | 0 | 255 | 255 | |
| U17 | D | 1,4 | E | Estável | 0 | 204 | 255 | |
| U18 | E | 1,3 | | | 0 | 153 | 255 | |
| U19 | | 1,2 | | | 0 | 102 | 255 | |
| U20 | | 1,1 | | | 0 | 51 | 255 | |
| U21 | | 1,0 | | | 0 | 0 | 255 | |

Fonte: Crepani *et al.*, 2001.

O modelo acima proposto, quando aplicado individualmente às unidades territoriais básicas – geologia, geomorfologia, solos, vegetação e clima –, recebem posteriormente um valor final, resultante da média aritmética dos valores individuais conforme verificado na equação 1, buscando representar a posição dessa unidade dentro da escala de vulnerabilidade natural à perda de solo (CREPANI *et al.*, 2001, p. 22):

$$V = \frac{(G + R + S + Vg + C)}{5} \quad \text{(Equação 1)}$$

onde:

V = vulnerabilidade.

G = vulnerabilidade para o tema geologia.

R = vulnerabilidade para o tema geomorfologia.

S = vulnerabilidade para o tema solos.

Vg = vulnerabilidade para o tema vegetação.

C = vulnerabilidade para o tema clima.

O resultado da aplicação da equação 1 sobre as UTB determinará o grau de vulnerabilidade/fragilidade da área estudada a partir de intervalos de classes, que irão variar de valores próximos a 1,0 quando há ocorrência de áreas estáveis, valores próximos a 2,0 quando

há indicação de estabilidade intermediária e valores próximos a 3,0 onde há ocorrências de áreas vulneráveis. Podendo, ainda, serem exibidos cartograficamente a partir de combinação de cores graduais, variando da cor verde ao marrom, para representar os diferentes graus de vulnerabilidade/fragilidade muito baixa a muito alta respectivamente, conforme observado no quadro 4.3.

Quadro 4.3: Grau de vulnerabilidade ambiental.

| Grau de vulnerabilidade | Intervalo de classe | Cor da classe |
|---|---------------------|---------------|
| Estável/muito baixa | 1,0 - 1,3 | Verde |
| Moderadamente estável/baixa | 1,4 - 1,7 | Amarelo |
| Medianamente (estável/vulnerável)/média | 1,8 - 2,2 | Laranja |
| Moderadamente vulnerável/alta | 2,3 - 2,6 | Vermelho |
| Vulnerável/muito alta | 2,7 - 3,0 | Marrom |

Fonte: Crepani *et al.*, 2001.

4.1 ANÁLISE DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA BHRI COM BASE EM SEUS ASPECTOS GEOLÓGICOS, GEOMORFOLÓGICOS, PEDOLÓGICOS, CLIMATOLÓGICOS E DE USO DO SOLO/COBERTURA VEGETAL

4.1.1 Características da vulnerabilidade/fragilidade ambiental da BHRI com base em seus aspectos geológicos

Para Crepani *et al.* (2001), a contribuição da geologia para a análise e definição dos aspectos morfodinâmicos de uma unidade de paisagem compreende as informações relativas à história da evolução geológica do ambiente onde a unidade se encontra e as informações relativas ao grau de coesão das rochas que a compõe. Para os autores, o conhecimento científico sobre o grau de coesão das rochas possibilitou indicar o grau de vulnerabilidade/fragilidade dos componentes geológicos que compõem determinada unidade de paisagem. Sendo de grande relevância, haja vista a contribuição dos aspectos litoestruturais para a dinâmica e fluxo da água dentro de uma determinada bacia hidrográfica.

De acordo com o Diagnóstico do Ambiente Natural (volume 2) elaborado no âmbito do Plano Hidroambiental da BHRI (PERNAMBUCO, 2010), a bacia encontra-se disposta sobre terrenos predominantemente cristalinos, de idade pré-cambriana, constituídos pelas rochas metamórficas dos complexos Belém do São Francisco e Cabrobó, no trecho entre os municípios de Ipojuca e Gravatá, com pequenas manchas dos complexos Surubim e Vertentes, respectivamente a norte dos municípios de Caruaru e Gravatá; segue-se uma grande extensão de

granitos e granitoides das suítes magmáticas que se estendem desde Arcoverde até Bezerros, com uma derivação entre Alagoinha e Venturosa; acompanhando os riachos Sanharó e Papagaio até o município de Sanharó e São Bento do Una, domina novamente o Complexo Cabrobó; e o trecho da cabeceira do rio Ipojuca até Poção, corre sobre o Complexo Gnaíssico-Migmatítico, também constituído por rochas metamórficas.

Santos & Araújo (2013) afirmam que

a geologia é um dos componentes mais importantes do meio físico para caracterizar as disponibilidades hídricas subterrâneas, pois busca apresentar os elementos fundamentais para as relações litoestruturais com o relevo e os solos (SANTOS & ARAÚJO, 2013, p. 8).

Desse modo, em função de suas características mineralógicas, texturais e estruturais, os corpos rochosos respondem diferentemente à ação dos processos exógenos, influenciando nas formas de relevo e tipos de solo (BOTELHO, 1999 *apud* SANTOS & ARAÚJO, 2013, p. 8).

Em relação à BHRI, os estudos realizados pela Secretaria de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco em 2010 indicam que a atividade tectônica exerce um forte controle sobre o rio Ipojuca e, conseqüentemente, sobre a área da bacia, tendo sido afetada por vários eventos tectônicos ao longo dos anos que atingiram as rochas mais antigas do embasamento, dando origem a falhamentos e dobramentos e à intrusão de rochas graníticas. No período Cretáceo, há cerca de 100 milhões de anos, essa estrutura foi rompida, ocorrendo a abertura do Oceano Atlântico pela separação dos continentes americano e africano, originando, na margem pernambucana, a Bacia do Cabo, de origem vulcanossedimentar (PERNAMBUCO, 2010). Nesse mesmo período, ocorreu também a Formação Ipojuca, resultado dos processos tectônicos e vulcanismos intensos.

As principais unidades geológicas e suas respectivas litologias presentes na BHRI podem ser observadas no quadro 4.4 e espacializadas na figura 4.1.

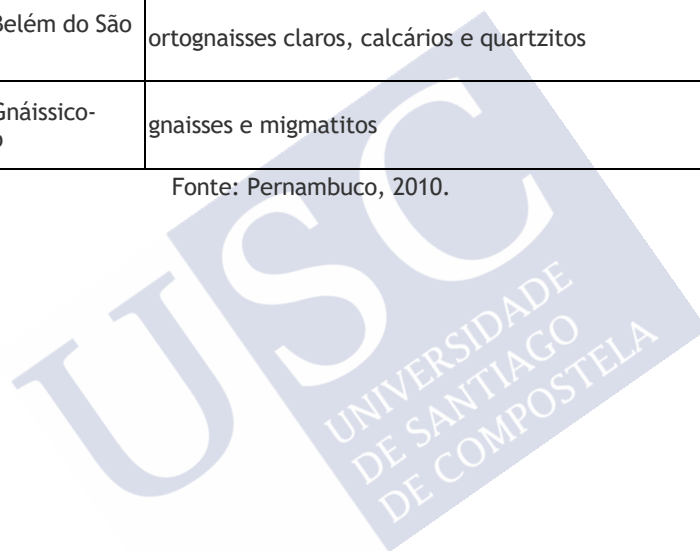
Quadro 4.4: Unidades geológicas na bacia do rio Ipojuca.

| Período | Unidades | Características litológicas |
|-------------|-------------------------|--|
| Quaternário | Sedimentos recentes | manguezais, aluviões, sedimentos de praias, recifes de arenito |
| | Terraços holocênicos | areias de praia com fragmentos de conchas |
| | Terraços pleistocênicos | areias de praia com nível espódico (cor de café) na base |
| Cretáceo | Formação Algodoads | conglomerados com seixos de rochas vulcânicas |

Quadro 4.4: Unidades geológicas na bacia do rio Ipojuca.

| Período | Unidades | Características litológicas |
|----------------------|---------------------------------|---|
| Inferior | Formação Ipojuca | rochas vulcânicas: basaltos, traquitos, riolitos |
| | Formação Estiva | calcário creme com intercalação de argilas esverdeadas |
| | Formação Cabo | conglomerados de grande porte até arenito feldspático, de cor creme, com intercalações de camadas de argila vermelha a esverdeada |
| Pré-Cambriano | Suítes Magmáticas | granitos e granitoides |
| | Complexo Surubim | biotita gnaisses intercaladas com calcários |
| | Rochas Metaplutônicas | ortognaisses |
| | Complexo Cabrobó | paragnaisses micáceos, calcários e quartzitos |
| | Complexo Belém do São Francisco | ortognaisses claros, calcários e quartzitos |
| | Complexo Gnáissico-Migmatítico | gnaisses e migmatitos |

Fonte: Pernambuco, 2010.



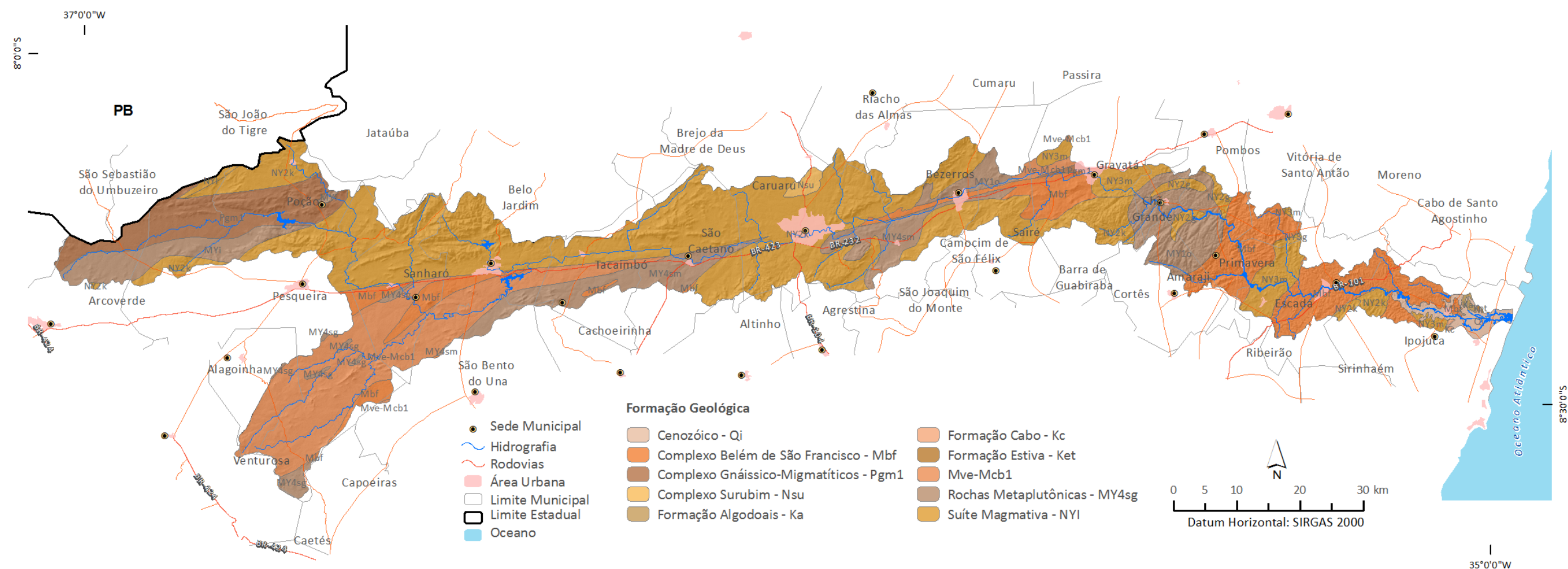


Figura 4.1: Mapa geológico da BHRI.
 Fontes: DNIT - rodovias.
 IBGE - limites municipais, estaduais e sedes municipais.
 Governo de Pernambuco - Plano Hidroambiental - geologia, limite da bacia do rio Ipojuca.
 Elaboração própria.



Ao aplicar a metodologia elaborada por Crepani *et al.* (2001), com o intuito de identificar os diferentes graus de vulnerabilidade ambiental no âmbito das características geológicas da área de estudo, tem-se como resultado a classificação elencada na tabela 4.1 e espacializadas na figura 4.2.

Tabela 4.1: Classes de vulnerabilidade ambiental da BHRI com base nos aspectos geológicos.

| Unidades geológicas | Litologia | Área em hectares dentro da bacia | % de área ocupada dentro da bacia | Escala de vulnerabilidade à erosão | Grau de vulnerabilidade |
|---------------------------------|---|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Suíte magmática | Granitos e granitoides | 153.090,05 | 44,50 | 1,1 | Estável |
| Complexo Gnáissico-Migmatíticos | Gnaisses e migmatitos | 24.582,44 | 7,20 | 1,3 | |
| Rochas metaplutônicas | Ortognaisses | 109.751,05 | 31,90 | 1,3 | |
| Complexo Belém de São Francisco | Ortognaisses, calcários e quartzitos | 49.944,27 | 14,53 | 1,7 | Moderadamente estável |
| Complexo Surubim | Biotita gnaisses intercaladas com calcários | 1.540,86 | 0,44 | 1,9 | Medianamente (estável/vulnerável) |
| Formação Algodão | Conglomerados com seixos de rochas vulcânicas | 326,73 | 0,09 | 2,5 | Moderadamente vulnerável |
| Formação Cabo | Conglomerados | 136,63 | 0,04 | 2,5 | |
| Formação Estiva | Calcário | 44,21 | 0,01 | 2,9 | Vulnerável |
| Cenozoico/Quaternário | Areias de praia, manguezais, aluviões | 4.463,98 | 1,29 | 3,0 | |
| Total | | 343.880,22 | 100 | | |

Fonte: Crepani *et al.*, (2001).



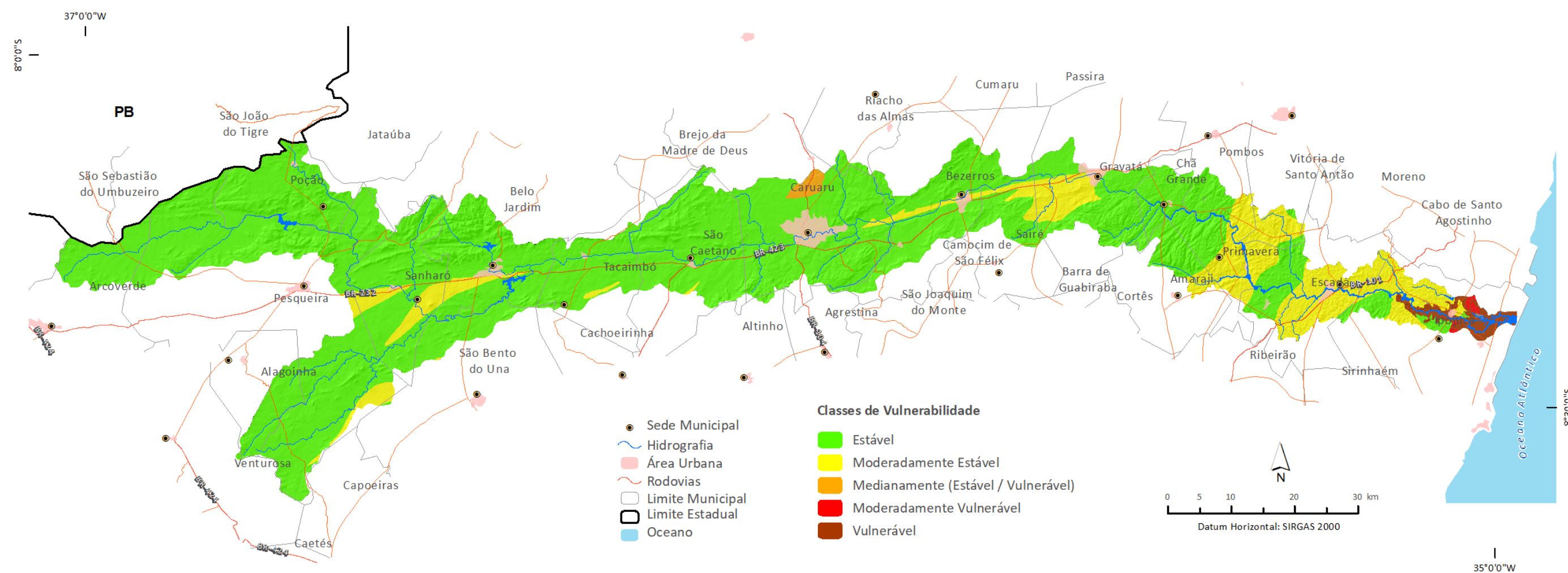


Figura 4.2: Classes de vulnerabilidade ambiental da BHRl com base nos aspectos geológicos.
Fontes: DNIT - rodovias.
IBGE: limites municipais, estaduais e sedes municipais.
Governo de Pernambuco - Plano Hidroambiental - geologia, limite da bacia do rio Ipojuca,
Crepani *et al.* - vulnerabilidade.
Elaboração própria.



Ao analisar a tabela 4.1 e a figura 4.2, e relacionar com a metodologia proposta por Crepani *et al.* (2001), observa-se que, em relação aos aspectos geológicos e considerando a escala de vulnerabilidade de 1,0 a 1,3, ocorre uma certa predominância de estabilidade aos processos erosivos, haja vista cerca de 83,6% da área que compõe a BHRI apresentar um grau de vulnerabilidade estável ou uma vulnerabilidade muito baixa. Essas áreas são formadas por granitos e granitoides, gnaisses e migmatitos e ortognaisses que têm como características a dureza e a resistência em sua composição. As áreas mais vulneráveis ou com graus de vulnerabilidade muito alta representam apenas 1,3% da bacia e são formadas por regiões calcárias, além das areias de praias, manguezais e aluviões. As áreas moderadamente estáveis, medianamente estáveis/vulneráveis e as áreas moderadamente vulneráveis representam 14,53%, 0,44% e 0,13% respectivamente.

4.1.2 Características da vulnerabilidade/fragilidade ambiental da BHRI com base em seus aspectos geomorfológicos

De acordo com Guerra (2003), ao pesquisar sobre a contribuição da geomorfologia nos estudos dos recursos hídricos, o autor destaca a importância da geomorfologia para os estudos voltados para bacias hidrográficas e alerta que, nas análises geomorfológicas, não se deve restringir-se apenas aos processos que ocorrem nos leitos dos rios, já que grande parte dos sedimentos transportados são oriundos das encostas à montante da bacia.

Para Christofolletti (1980), “*a geomorfologia é a ciência que estuda as formas de relevo*”; desse modo,

as formas representam a expressão espacial de uma superfície, compondo as diferentes configurações da paisagem morfológica. É seu aspecto visual, a sua configuração, que caracteriza o modelado topográfico de uma área (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 1).

O autor afirma que há um relacionamento muito grande entre “formas” e “processos”, haja vista que as formas só existem porque elas foram esculpidas pela ação de determinado processo ou grupo de processos. Nesse caso, o estudo de ambos é considerado ponto central para o entendimento das características do sistema geomorfológico (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A análise das formas e dos processos fornece conhecimento sobre os aspectos e a dinâmica da topografia atual, sob as diversas condições climáticas, possibilitando compreender as formas esculpidas pelas forças destrutivas e as originadas nos ambientes deposicionais. No transcorrer do tempo (...), muitas topografias foram

elaboradas e destruídas pela erosão ou pelo recobrimento sedimentar. As camadas sedimentares, com suas estruturas deposicionais, são importantes fontes de informação e registros valiosos para se interpretar os processos atuantes no passado e quais as condições ambientais reinantes naquelas épocas (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 1).

Crepani *et al.* (2001), em sua proposta metodológica, ressaltam que a geomorfologia oferece, para a caracterização da estabilidade das unidades de paisagem natural, as informações relativas à morfometria, que influenciam de maneira marcante os processos ecodinâmicos. Na visão dos autores, essas informações, associadas à forma de relevo da unidade de paisagem natural, possibilitam a quantificação, empiricamente, da energia potencial disponível para o escoamento superficial (“*runoff*”), isto é, a transformação de energia potencial em energia cinética responsável pelo transporte de materiais, que esculpe as formas de relevo (CREPANI *et al.*, 2001),

Nessa perspectiva, a caracterização geomorfológica da BHRI permitirá compreender as formas de relevo, os seus aspectos topográficos e como a dinâmica geomorfológica pode interferir no equilíbrio da bacia hidrográfica.

Cabe destacar, entretanto, que de acordo com o Programa de Saneamento Ambiental da BHRI (PERNAMBUCO, 2017), as classificações das formas de relevo encontradas para a área da bacia em estudo estão em escalas taxonômicas distintas, onde são definidas desde as unidades morfoestruturais até as unidades morfológicas. As primeiras classificações do relevo dentro da BHRI foram estabelecidas pela Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente de Pernambuco (SECTMA) em 2005, a qual define o planalto da Borborema, colinas da Zona da Mata e planícies costeiras como as unidades geomorfológicas predominantes para a bacia do rio Ipojuca (figura 4.3).

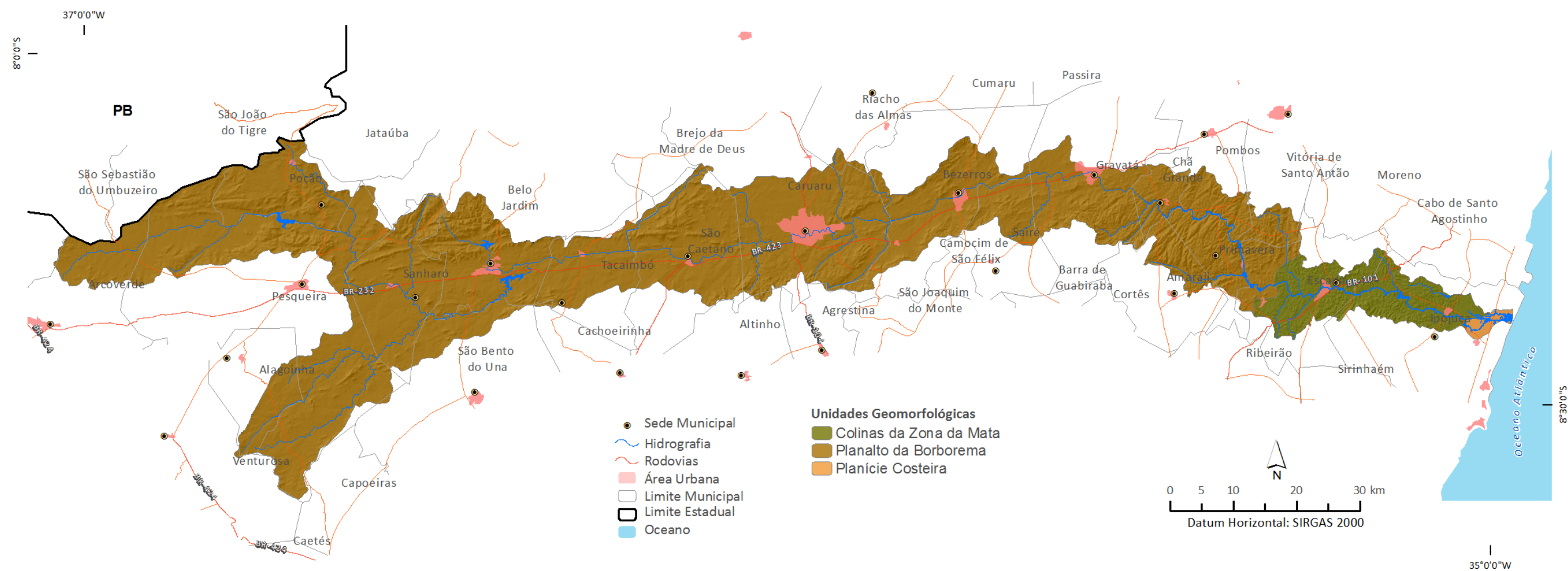


Figura 4.3: Mapa geomorfológico da BHRI.
Fontes: DNIT - rodovias.
IBGE - limites municipais, estaduais e sedes municipais.
Governo de Pernambuco - Plano Hidroambiental - geomorfologia, limite da bacia do rio Ipojuca.
Elaboração própria.



As peculiaridades das unidades geomorfológicas presentes na bacia são descritas nos estudos elaborados pela Condepe/Fidem (2008), que indicam que, na porção leste da bacia, a paisagem é formada pelas planícies litorâneas com altitudes inferiores a 100 m, conforme observado na figura 4.4.



Figura 4.4: Vista aérea da zona estuarina do rio Ipojuca.
Fonte: Pernambuco, 2010.

De acordo com Melo (2012), a presença do mar e as feições do relevo marcam os grandes traços de diferenciação da faixa litorânea. Segundo o autor, *“a presença do mar, além de constituir elemento importante da paisagem regional, governa, em grau variado, caracteres outros, tanto no plano fisiográfico quanto no tocante aos aspectos biogeográficos e humanos”* (MELO, 2012, p. 54). As formas do relevo oriundas de terrenos sedimentares terciários e quaternários, além de distinguirem a região, condicionam diversas outras peculiaridades. A planície litorânea é constituída por terrenos arenosos situados acima do nível do mar, quase apenas o suficiente para não ser invadida pelas águas. No geral, são terraços de acumulação (figuras 4.5 e 4.6) de dois a três metros, e restingas atuais e antigas (MELO, 2012).



Figura 4.5: Terraços de acumulação com presença de restinga na zona estuarina do rio Ipojuca.
Fonte: Pesquisa de campo, 2017.



Figura 4.6: Terraços de acumulação com presença de restinga na zona estuarina do rio Ipojuca.
Fonte: Pesquisa de campo, 2017.

Nas proximidades do planalto da Borborema, as feições geomorfológicas são representadas por um conjunto de morros e colinas de forma mamelonar (mares de morros) (figura 4.7) localizados sobre o cristalino, com cotas altimétricas inferiores a 300 m (PERNAMBUCO, 2017). Nas áreas situadas sobre o mencionado planalto, observa-se algumas superfícies mais ou menos planas, com altitudes variando entre 400 e 700 m.



Figura 4.7: Paisagens formadas por mares de morros.
Fonte: Pesquisa de campo, 2017.

Diferentemente da região litorânea, na região oeste da bacia nota-se uma mudança significativa nas feições morfológicas, climáticas, fitogeográficas, bem como nas práticas de uso da terra. Conforme apontado por Melo (2012), começa a partir daí um vasto planalto cujas variações de aspectos são responsáveis pela diversificação das unidades regionais existentes em grande porção do interior nordestino. Nesse trecho, formador da região agreste da bacia, encontram-se as superfícies mais antigas e mais elevadas, já bastante trabalhadas pelos processos erosivos, com altitudes que variam entre 400 a 500 m, que vão se elevando aos poucos para o interior até 700 a 1.000 m.

Melo (2012) salienta que

bastante movimentado é o relevo que vamos encontrar sobre essa parte do velho planalto soerguido. Pequenos maciços e cristas erguem-se por toda parte sobre os níveis mais gerais, formando relevos com amplitudes altimétricas de até 350 metros. Não mais se vê aquela suavidade das curvas brandas dominantes na zona úmida. São eriçados e pedregosos os morros, serrotes e cristas que barram o horizonte. As encostas são frequentemente abruptas e a rocha viva aflora em toda parte, mal recoberta pelos farrapos de delgado manto de decomposição (figura 4.8). A degradação mecânica, aí como em todo o interior nordestino, torna-se maior que a decomposição química (MELO, 2012, p. 100).



Figura 4.8: Paisagem com predominância do afloramento rochoso na região oeste da BHRI.
Fonte: Pesquisa de campo, 2017.

A BHRI é muito estreita e não apresenta tributários importantes. Seus afluentes são tão curtos que em alguns casos confundem-se com o vale principal. A ausência de várzeas largas é outra característica da bacia. De acordo com Melo (2012), essa disposição geral do relevo agrestino orienta o traçado das comunicações no sentido leste-oeste, de modo que essa mesma disposição contribuiu para configurar o território do estado de Pernambuco, tão estreito e tão comprido.

As feições geomorfológicas identificadas na área da bacia do rio Ipojuca resultam de antigos processos de denudação e aplainamento, controlados por fenômenos climáticos e gravitacionais, superimpostos aos desnivelamentos da crosta continental pelos movimentos tectônicos atuantes na área, ao longo do tempo geológico. Nos tempos atuais, encontram-se ainda preservados antigos testemunhos de superfícies elevadas associadas ao planalto da Borborema, como a superfície Sul-Americana (cotas superiores a 1.000 m) e a superfície Sertaneja/superfície Gravatá (cotas de 40 m a 600 m), além do ciclo polifásico Paraguaçu, formado pelo retrabalhamento de solos nas baixadas e no litoral. (PERNAMBUCO, 2010, p. 22).

As características das unidades descritas acima podem ser observadas na figura 4.9 e no quadro 4.5.

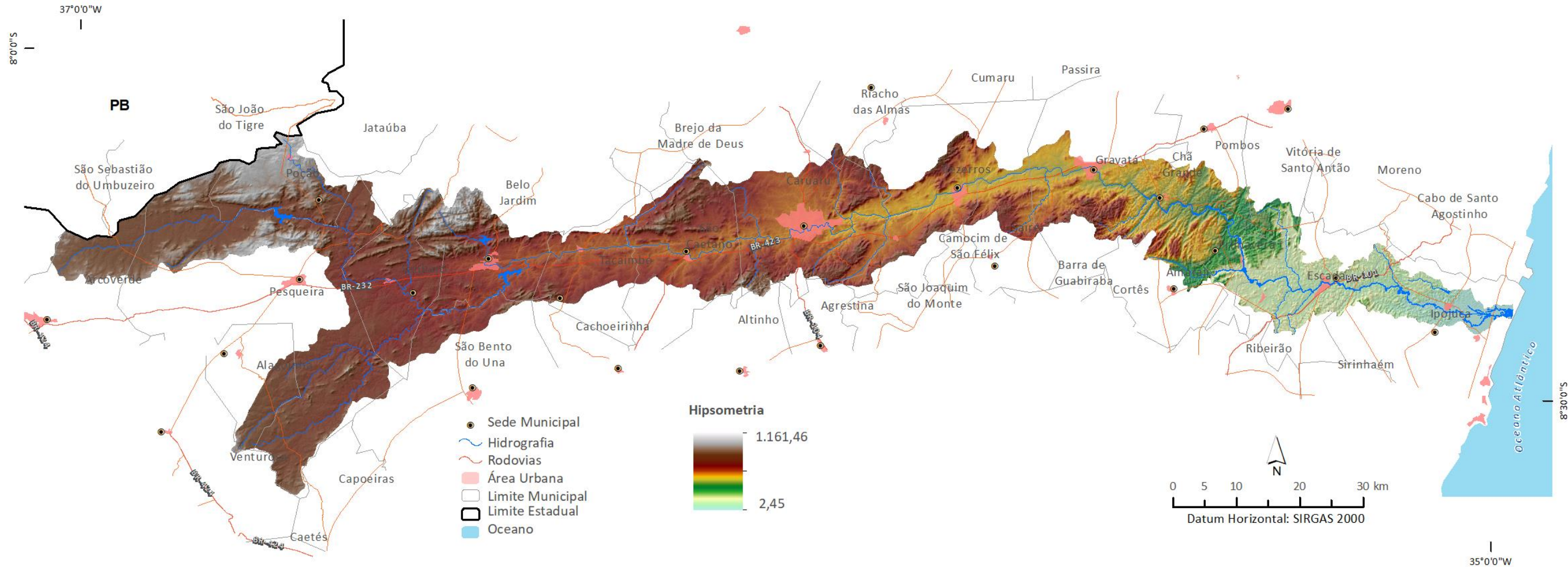


Figura 4.9: Mapa hipsométrico da BHRI.

Fontes: DNIT - rodovias.

IBGE - limites municipais, estaduais e sedes municipais.



Governo de Pernambuco - Plano Hidroambiental - limite da bacia do rio Ipojuca.

NASA, Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) - declividades



Elaboração própria.



Quadro 4.5: Características das unidades geomorfológicas presentes na BHRI.

| Unidade | Características | Paisagem predominante |
|---------------------------------|---|--|
| Superfície Sul-Americana | Representada na BHRI por uma área com relevo fortemente ondulado, com cotas entre 600 e 800 m, chegando a ultrapassar os 1.000 m, sobretudo nos municípios de Belo Jardim, Poção, Pesqueira e Arcoverde, onde encontra-se a principal nascente do Ipojuca, na serra do Pau D'Arco. |  <p>Figura 4. 10: Características do relevo da superfície Sul-Americana. Fonte: Pesquisa de campo, 2017.</p> |
| Superfície Sertaneja | Representa a maior parte da área da bacia, constitui-se de um pediplano regional com cotas variáveis entre 40 e 600 m, indo desde as proximidades da cidade de Ipojuca até as cabeceiras da bacia, nos municípios de Pesqueira e Arcoverde. Essa superfície é subdividida localmente em dois níveis bem diferenciados. O primeiro corresponde ao médio/baixo curso do rio, desde Ipojuca até o município de Chã Grande, sendo caracterizado por um relevo ondulado, com cotas variáveis entre 40 e 150 m, até o município de Escada e com altitudes entre 150 e 500 m entre Escada e Chã Grande. O segundo nível corresponde à superfície Gravatá, primeiro patamar do planalto da Borborema, com cotas superiores a 500 m. |  <p>Figura 4. 11: Características do relevo da superfície Sertaneja. Fonte: Pesquisa de campo, 2017.</p> |

Quadro 4.5: Características das unidades geomorfológicas presentes na BHRI.

| Unidade | Características | Paisagem predominante |
|-----------------------------------|---|---|
| Superfície Gravatá | É atingida ao se alcançar o topo da serra das Russas, mostra-se ligeiramente ondulada, com cotas pouco variáveis, entre 500 e 600 m, ao longo do vale do Ipojuca, correspondendo ao médio curso da bacia hidrográfica, que vai até as proximidades da cidade de São Caetano. Ao norte e ao sul do vale, desenvolvendo-se na direção aproximada de leste-oeste, ocorrem serras que atuam como divisores hidrográficos. |  <p>Figura 4. 12: Características do relevo das Gravatá. Fonte: Pernambuco, 2010.</p> |
| Ciclo polifásico Paraguaçu | O baixo curso da bacia hidrográfica acha-se instalado sobre a superfície mais recente do ciclo polifásico Paraguaçu. Essa denominação, hoje em desuso, representa os vários níveis de terraços flúvio-marinhos associados às oscilações climáticas durante o período Quaternário. Os terraços pleistocênicos, mais antigos (100 a 80 mil anos), encontram-se em cotas de até 10 m, enquanto os terraços holocênicos (8 a 6 mil anos) podem atingir cotas de até 4 m; encaixados nos terraços, ocorrem os manguezais; as planícies costeiras recortam esses terraços ao longo da linha de costa. |  <p>Figura 4. 13: Características do relevo do ciclo polifásico Paraguaçu. Fonte: Pesquisa de campo, 2017.</p> |

Fonte: Pernambuco, 2010.

O Programa de Saneamento Ambiental da BHRI (PERNAMBUCO, 2017) propõe outra classificação geomorfológica para a bacia, tendo como parâmetro as classes de declividade elaborada pela Embrapa (1979). Na proposta da Embrapa (1979), a declividade do terreno é expressa como a variação de altitude entre dois pontos do terreno em relação à distância que os separa, e considera a morfometria como tema relevante para a classificação do relevo. Nessa classificação, a depender do grau de inclinação, o relevo pode ser classificado em seis ambientes morfológicos distintos: plano; suave-ondulado; ondulado; forte-ondulado; montanhoso; e escarpado. As características dessa classificação podem ser observadas no quadro 4.6 e espacializadas na figura 4.14.

Quadro 4.6: Classes de declividade e suas características.

| Classes de declividade | Declividade (%) | Declividade (graus) | Características |
|------------------------|-----------------|---------------------|---|
| Plano | 0-3 | < 1,72 | Superfície de topografia lisa ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos. |
| Suave-ondulado | 3-8 | 1,72-4,58 | Superfície de topografia ligeiramente movimentada, constituída por conjunto de pequenas colinas ou outeiros, ou sucessão de pequenos vales pouco encaixados (rasos), configurando pendentes ou encostas. |
| Ondulado | 8-20 | 4,58-11,31 | Superfície de topografia relativamente movimentada, constituída por conjunto de medianas colinas e outeiros ou por interflúvios de pendentes curtas, formadas por vales encaixados, configurando, em todos os casos, pendentes ou encostas. |
| Forte-ondulado | 20-45 | 11,31-24,23 | Superfície de topografia movimentada, com desníveis fortes, formadas por conjunto de outeiros ou morros, ou por superfície entrecortada por vales profundos, configurando encostas ou pendentes. |
| Montanhoso | 45-75 | 24,23-36,87 | Superfície de topografia vigorosa, com predomínio de formas acidentadas, usualmente constituídas por morros, montanhas, maciços montanhosos e alinhamentos montanhosos, apresentando desnivelamentos relativamente grandes e declives fortes ou muito fortes. |
| Escarpado | >75 | >36,87 | Áreas com predomínio de formas abruptas, compreendendo superfícies muito íngremes, usualmente ultrapassando 75%, tais como: aparados, itaimbês, frentes de cuevas, falésias e vertentes de declives muito fortes. |

Fonte: Adaptado de Embrapa, 1979 e Gomes, 2015.



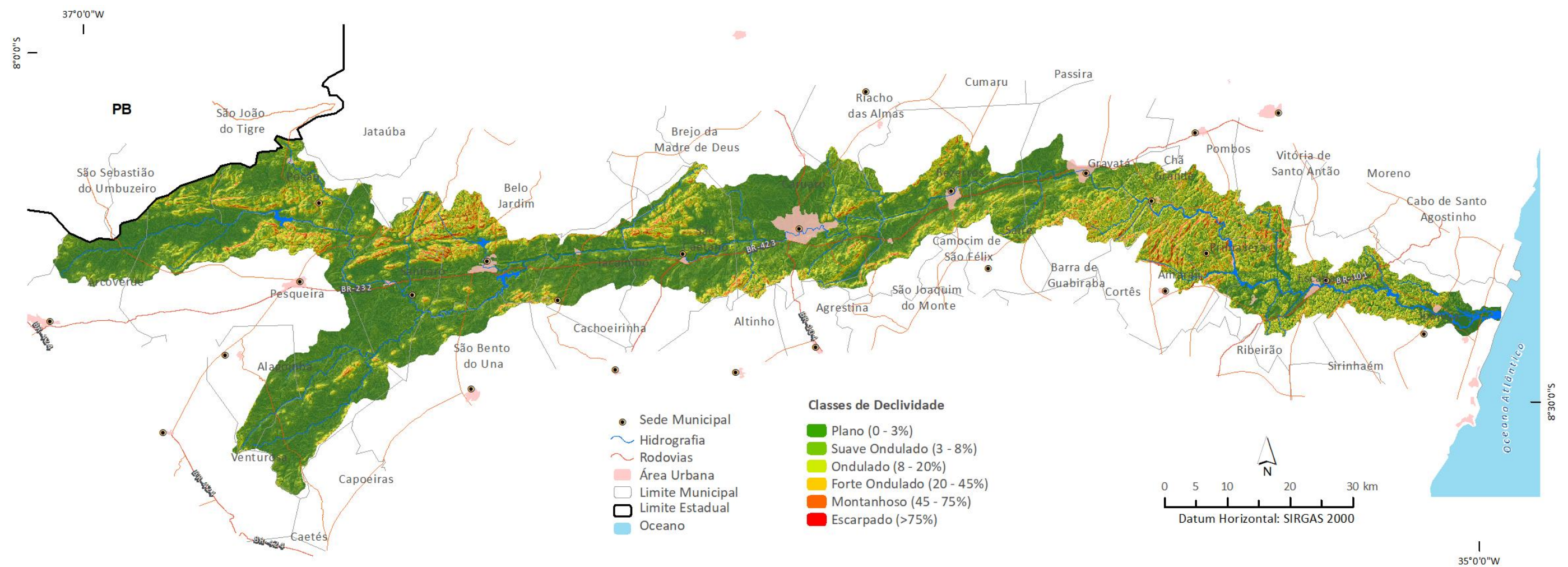


Figura 4.14: Mapa de declividade da BHRI.
Fontes: DNIT - rodovias.
IBGE - limites municipais, estaduais e sedes municipais.
Governo de Pernambuco - Plano Hidroambiental - limite da bacia do rio Ipojuca.
NASA, Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) - declividades.
Embrapa - classes de declividades.
Elaboração própria.



O estudo da declividade desempenha um papel importante para o planejamento e ordenamento territorial em bacias hidrográficas, dado que, dependendo de suas características, a declividade contribuirá com maior ou menor intensidade no fluxo de sedimentos no leito do rio, bem como irá atuar como potencializadora da morfodinâmica da bacia. Do mesmo modo, a relação escoamento superficial/infiltração contribui diretamente na dinâmica das formas de relevo ao interferir no balanço morfogenético.

Dessa forma, a topografia se apresenta como um fator controlador, podendo acelerar ou retardar o trabalho das forças climáticas, uma vez que ela controla a taxa de pedogênese sobre a taxa de erosão. Desse modo, em áreas mais planas, por exemplo, a pedogênese tende a ser maior que a morfogênese, resultando em solos mais profundos, e da forma contrária, solos mais rasos serão formados e haverá maior perda de material (OLIVEIRA *et al.*, 2015, p. 1).

O Programa de Saneamento Ambiental da BHRI (PERNAMBUCO, 2017) alerta que a dinâmica do balanço morfogenético é bastante peculiar nos ambientes de clima semiárido. O programa afirma ainda que, mesmo que as características topo-morfológicas da paisagem favoreçam o predomínio do processo de infiltração, a tipologia da cobertura vegetal não contribui para a permanência da água por muito tempo sobre o solo, a qual será rapidamente evaporada pela intensidade da insolação no ambiente.

Nesses casos, o estudo da vulnerabilidade ambiental a partir da declividade é de extrema importância para determinar o grau de fragilidade da bacia quanto aos processos erosivos. Para Crepani *et al.* (2001), esse estudo visa estabelecer uma correspondência direta da velocidade de transformação da energia potencial em energia cinética, de modo que essa relação vai interferir diretamente na velocidade do movimento de massas. A figura 4.15 e a tabela 4.2 apresentam respectivamente as classes de vulnerabilidade à erosão para a BHRI no âmbito da declividade.



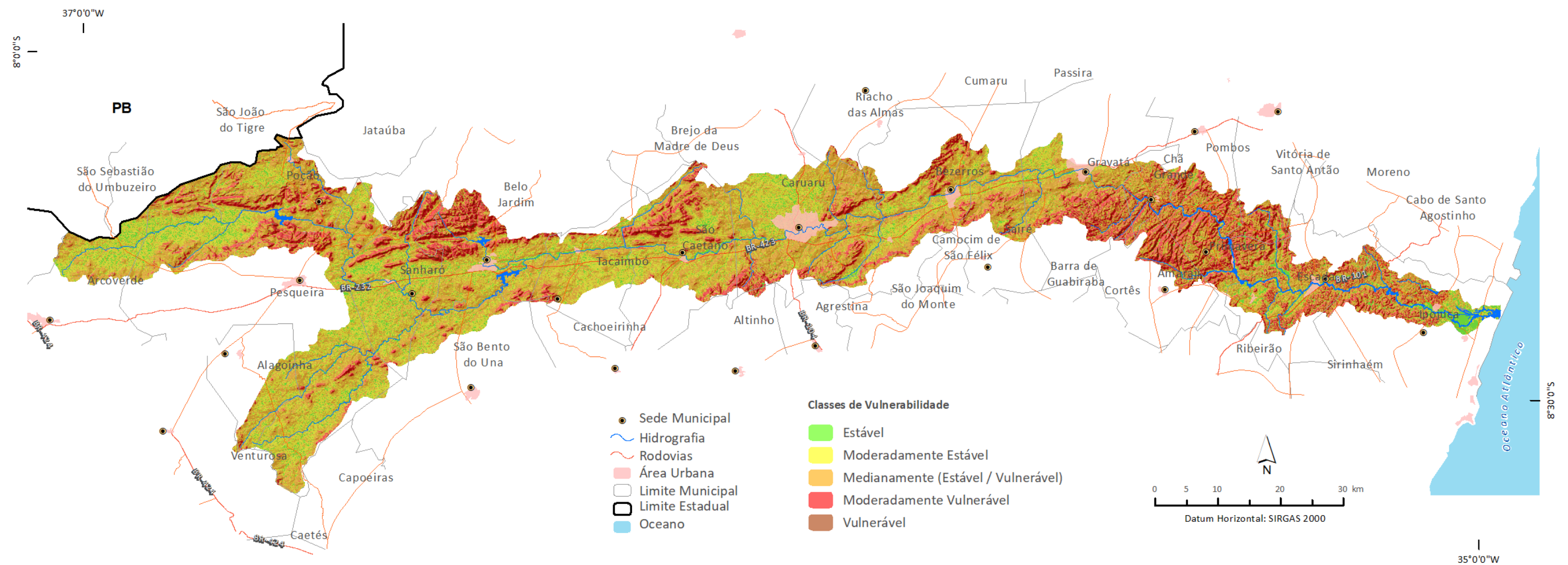


Figura 4.15: Classes de vulnerabilidade ambiental da BHRI com base nos aspectos da declividade.

Fontes: DNIT - rodovias.

IBGE - limites municipais, estaduais e sedes municipais.

Governo de Pernambuco - Plano Hidroambiental - limite da bacia do rio Ipojuca.

NASA, Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) - declividades.

Crepani *et al.* (2001) - Vulnerabilidade.

Elaboração própria.



Tabela 4.2: Classes de vulnerabilidade ambiental da BHRI com base nos aspectos da declividade.

| Classes de declividade (%) | Área em hectares dentro da bacia | % de área ocupada dentro da bacia | Escala de vulnerabilidade à erosão | Grau de vulnerabilidade |
|----------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| < 2 | 27.760,82 | 8,09 | 1,0 | Estável |
| 2 - 6 | 97.430,89 | 28,33 | 1,5 | Moderadamente estável |
| 6 - 20 | 158.822,17 | 46,18 | 2,0 | Medianamente estável/vulnerável |
| 20 - 50 | 57.408,27 | 16,71 | 2,5 | Moderadamente vulnerável |
| >50 | 2.458,07 | 0,70 | 3,0 | Vulnerável |
| Total | 343.880,22 | 100 | | |

Fonte: Crepani *et al.*, 2001.

Sabe-se que a declividade é um elemento essencial para estabelecer a vulnerabilidade de determinada bacia, haja vista servir para a avaliação de risco ao processo erosivo. De modo que, quanto maior a declividade da área, maior a vulnerabilidade ambiental. Ao analisar a tabela 4.2, com base na declividade da BHRI, percebe-se um predomínio de áreas medianamente estáveis/vulneráveis (46,18%). Essas áreas estão localizadas nas unidades geomorfológicas do planalto da Borborema e nas colinas da Zona da Mata. No planalto da Borborema, as áreas estão concentradas principalmente entre os municípios de Amaraji e Gravatá (médio curso do rio Ipojuca) e entre os municípios de Belo Jardim, Sanharó e Poção (alto curso do rio Ipojuca), além de ocorrências pontuais ao longo da bacia. As áreas moderadamente estáveis ocupam 28,33% da bacia e estão localizadas predominantemente nos vales do rio Ipojuca, conforme evidenciado na figura 4.15. As áreas com alto e muito alto grau de vulnerabilidade ocupam respectivamente 16,71% e 0,70% da bacia. Somando-se os percentuais em relação às áreas de média, alta e muito alta vulnerabilidade tem-se um percentual de aproximadamente 63,59% da bacia de áreas com susceptibilidade aos agentes erosivos, demandando maior atenção nas atividades de planejamento e ordenamento territorial.

4.1.3 Características da vulnerabilidade/fragilidade ambiental da BHRI com base em seus aspectos pedológicos

Júnior e Oliveira (2015) relatam que todo processo de ocupação da superfície terrestre causa algum tipo de modificação e que, na maioria dos casos, esse processo vem acompanhado do uso inadequado do solo. De certo modo, verifica-se em todo o mundo incontáveis cenários

de degradação das paisagens, decorrentes de fenômenos naturais e, também, decorrentes de usos e ocupações desordenadas, trazendo prejuízos não só ao meio físico natural como ao próprio homem (THOMPSON E FIDALGO, 2015).

De acordo com Thompson e Fidalgo (2015), a degradação do solo acontece de diversas maneiras, contudo, a erosão hídrica, no Brasil, é a que causa maior impacto negativo, além de ser um dos principais fatores de desgastes e perdas do solo, e que tem contribuído sobremaneira para a improdutividade dos solos. A prática inadequada da agricultura e outras formas de uso e ocupação, feitas sem planejamento, são as principais causas para acelerar o processo de degradação. Na década de 1990, dados da FAO já haviam constatado que devido às práticas agrícolas inadequadas 562 milhões de hectares de terras férteis haviam sido degradadas. Thompson e Fidalgo (2015) afirmam, ainda, que associados aos fatores citados, a declividade e o comprimento de rampa são variáveis importantes para estudos de vulnerabilidade dos solos. Haja vista, a perda de solos tende a aumentar com o aumento da declividade e do comprimento de rampa das vertentes como resultado do aumento da velocidade e do volume do escoamento de água na superfície (MORGAN, 2005). Desse modo, a realização de estudos, bem como a elaboração de mapas de declividade, conforme realizados no item 4.1.1 (figura 4.14) desta tese, têm grande importância para estudos da vulnerabilidade dos solos e significativa importância nos processos de planejamento e ordenamento territorial.

A distribuição geográfica dos principais tipos de solos encontrados na BHRI pode ser observada na figura 4.16; do mesmo modo, suas características relacionadas à vulnerabilidade podem ser verificadas na tabela 4.3 e na figura 4.17.

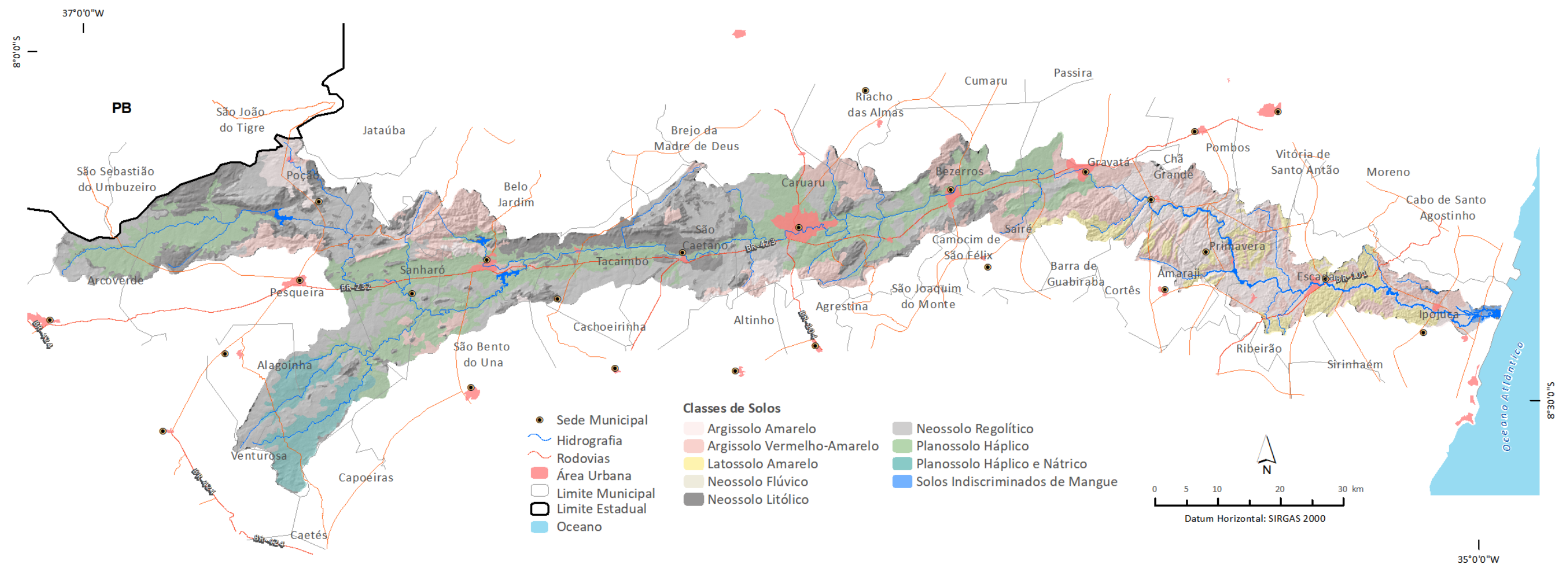


Figura 4.16: Mapa de solos da BHRI.

Fontes: DNIT - rodovias.

IBGE - limites municipais, estaduais e sedes municipais.

Governo de Pernambuco - Plano Hidroambiental - Mapa de solo, limite da bacia do rio Ipojuca.

Elaboração própria.



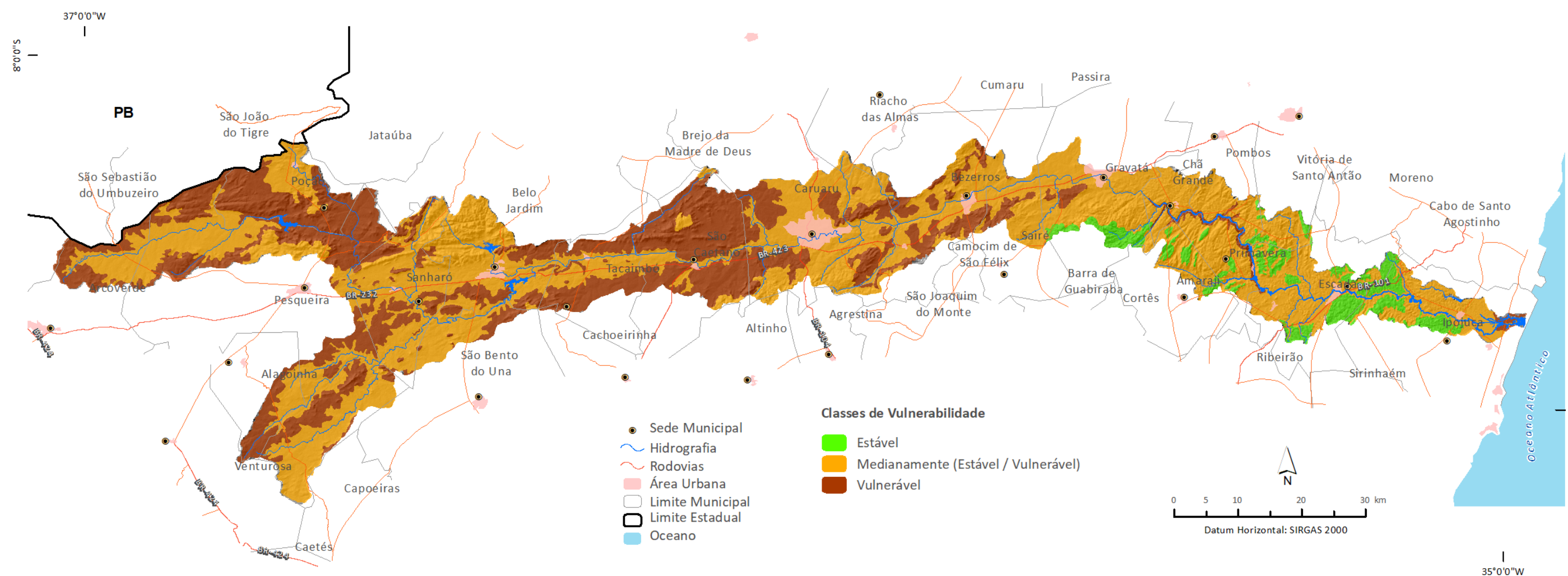


Figura 4.17: Classes de vulnerabilidade ambiental da BHRI com base nos aspectos pedológicos.

Fontes: DNIT - rodovias.

IBGE - limites municipais, estaduais e sedes municipais.

Governo de Pernambuco - Plano Hidroambiental - limite da bacia do rio Ipojuca.

Crepani *et al.*, 2001 - vulnerabilidade.

Elaboração própria.



Tabela 4.3: Classes de vulnerabilidade ambiental da BHRI com base nos aspectos pedológicos.

| Tipos de solo | Área em hectares dentro da bacia | % de área ocupada dentro da bacia | Escala de vulnerabilidade à erosão | Grau de vulnerabilidade |
|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| Latossolo amarelo | 16.246,43 | 4,73 | 1,0 | Estável |
| Argissolo amarelo | 41.916,45 | 12,20 | 2,0 | Medianamente estável/vulnerável |
| Argissolo vermelho-amarelo | 58.944,04 | 17,16 | 2,0 | |
| Planossolo háplico | 92.955,17 | 27,90 | 2,0 | |
| Planossolo háplico-nátrico | 15.851,66 | 4,61 | 2,0 | |
| Neossolo litólico | 46.599,60 | 13,56 | 3,0 | Vulnerável |
| Neossolo regolítico | 70.685,11 | 20,60 | 3,0 | |
| Solos indiscriminados de mangue | 681,76 | 0,20 | 3,0 | |
| Total | 343.880,22 | 100 | | |

Fonte: Crepani *et al.*, 2001.

Os solos indiscriminados de mangue são os de menor representatividade na bacia, ocupando apenas 0,20% (681,76 ha), e sua ocorrência se dá no estuário do rio Ipojuca. Essas áreas apresentam uma vulnerabilidade muito alta devido às suas características. São solos úmidos, salgados, lodosos, pobres em oxigênio e muito ricos em nutrientes. Os planossolos representam 32,51% da área total da bacia, com aproximadamente 111.806,83 ha distribuídos nas regiões do alto e médio curso da bacia. Em virtude de suas características, apresentam uma vulnerabilidade medianamente estável.

Os neossolos litólicos e regolíticos, assim como os planossolos ocorrem nas regiões do alto e médio curso da bacia e ocupam 13,56% e 20,60% da área da bacia, respectivamente. Os neossolos litólicos ocorrem nas áreas da bacia onde o relevo geralmente é movimentado (de ondulado a montanhoso) e a vegetação dominante é do tipo floresta caducifólia e caatinga hipoxerófila (ex.: município de São Caetano).

Já os neossolos regolíticos, sua distribuição está presente nos ambientes de clima semiárido com vegetação de caatinga hiperxerófila e hipoxerófila, e menos frequente em áreas com floresta caducifólia. De modo geral, na BHRI, a presença desse tipo de solo ocorre na região central e oeste da bacia, entre os municípios de Gravatá e Arcoverde, em relevo plano a suave-ondulado, conforme observado na figura 4.14 (PERNAMBUCO, 2010). Em função

dessas características, as áreas de ocorrências desses tipos de solo na bacia apresentam um grau de vulnerabilidade muito alta. Os argissolos estão distribuídos por toda a superfície da bacia; contudo, há uma predominância nas áreas do baixo curso, entre os municípios de Chã Grande e Ipojuca. Esses solos ocupam uma área de 100.860,49 ha (29,36%). De acordo com Pernambuco (2010), ocorrem sob vegetação de floresta subperenifólia e subcaducifólia, em relevo movimentado, variando de ondulado a montanhoso.

Observa-se na tabela 4.3 – com exceção do latossolo amarelo, que ocupa apenas 4,73% da área da bacia e possui uma vulnerabilidade muito baixa – que 96,23% da bacia é formada por solos cujas características de composição indicam ser de fragilidade média até muito alta. De acordo com o Plano Hidroambiental da BHRI, os neossolos regolíticos, com alta vulnerabilidade, são mais propícios à erodibilidade, por serem pouco desenvolvidos, não hidromórficos e de textura normalmente arenosa, principalmente em declives mais acentuados. Já os planossolos háplicos, assim como outros tipos de planossolos, ocorrem geralmente em áreas de cotas mais baixas e de relevo predominantemente suave-ondulado e plano, com média vulnerabilidade. São solos com profundidade moderada a rasa, e perfil nutricional bastante rico; contudo, possuem limitações em relação ao preparo e à penetração de raízes devido a sua consolidação (PERNAMBUCO, 2010).

As áreas que apresentam vulnerabilidade baixa são formadas predominantemente por latossolos amarelos e ocupam apenas 4,73% da bacia, conforme já evidenciado no parágrafo anterior. Esses solos estão localizados nas regiões de médio e baixo curso da bacia, apresentam textura argilosa, são muito profundos e porosos, bastante permeáveis e bem drenados. Devido a essas características, são muito utilizados na agricultura; contudo, sua fertilidade natural é baixa e são de fácil compactação, o que exige o uso constante de máquinas durante os processos de correção. Demandam, assim, monitoramento constante no sentido de equacionar os efeitos negativos para esse tipo de uso.

4.1.4 Características da vulnerabilidade/fragilidade ambiental da BHRI com base em seus aspectos climatológicos

O clima influencia diretamente no processo de intemperismo através da precipitação pluviométrica e da temperatura de uma região, além de desempenhar influência direta sobre o sistema hídrico de uma bacia hidrográfica em virtude de todos os rios dependerem diretamente da distribuição e da intensidade das chuvas (PERNAMBUCO, 2017).

Associada à declividade, a precipitação possui um papel importante no estudo da vulnerabilidade, uma vez que, de acordo com Crepani *et al.* (2001), uma das causas fundamentais para a denudação é o efeito da chuva agindo inicialmente sobre as rochas, provocando o intemperismo, e posteriormente sobre o solo, provocando a erosão hídrica. Esse efeito – conforme o tipo de cobertura vegetal que predomina na região ou sua ausência – pode ser agravado, a depender da intensidade da chuva e do grau de declividade incidente no local, visto que, quanto maior for a declividade, maior a energia potencial disponível para o escoamento superficial (“*runoff*”), isto é, a transformação de energia potencial em energia cinética responsável pelo transporte de materiais e que esculpe as formas de relevo (CREPANI *et al.*, 2001).

A erosão, produto final desta interação chuva/solo é, portanto, uma resultante do poder da chuva em causar erosão e da capacidade do solo em resistir à erosão. O poder da chuva em causar erosão é chamado erosividade e é função das características físicas da chuva (CREPANI *et al.*, 2001, p. 95).

Crepani *et al.*, (2001) deixam claro ainda que:

As principais características físicas da chuva envolvidas nos processos erosivos são: a quantidade ou pluviosidade total, a intensidade ou intensidade pluviométrica e a distribuição sazonal. Dentre as três características, é especialmente importante se conhecer a intensidade pluviométrica, porque representa uma relação entre as outras duas (quanto chove/quando chove), resultado que determina, em última análise, a quantidade de energia potencial disponível para transformar-se em energia cinética (CREPANI *et al.*, 2001, p. 95).

De acordo com o Plano Hidroambiental da BHRI (PERNAMBUCO, 2010), em virtude da sua extensão territorial, a bacia apresenta um ambiente complexo (Agreste, Zona da Mata e litoral), no qual se evidenciam contrastes climáticos, de relevo, de solos e de cobertura vegetal, além de socioeconômicos, que exigem um modelo de gestão hídrica e ambiental que atenda às suas peculiaridades sub-regionais e locais, constituindo assim um desafio do ponto de vista de gerenciamento e ordenamento territorial para a bacia.

De um modo geral, o Nordeste brasileiro apresenta as áreas de mais elevadas médias térmicas do país. Conforme sinalizado por Melo (2012),

na zona litorânea úmida oriental, a pluviosidade abundante e os ventos fazem com que se mantenham em torno dos 24° C as médias de temperatura frequentes. Já nas áreas do vasto interior (...) sobretudo nas zonas deprimidas de trás-Borborema, (...) onde as chuvas escasseiam e onde muitas vezes os ventos chegam secos e quentes,

os registos termométricos médios situam-se na vizinhança dos 26° C (MELO, 2012, p. 17).

Todavia, em algumas áreas mais elevadas do planalto da Borborema, as médias da temperatura caem sensivelmente, ficando em torno de 22° C. De acordo com Melo (2012), salvo algumas exceções, a amplitude térmica anual é pequena, não chegando a 5° C a diferença entre o mês mais quente e o menos quente. Na BHRI, paradoxalmente à uniformidade térmica, a pluviosidade é muito variável, de modo que as chuvas anuais variam de 2.100 mm na região litorânea da bacia até menos de 600 mm nas áreas mais secas (Agreste) a oeste da bacia. A região Agreste, assim definida por Melo (2012),

trata-se de um tipo de associação intermediária entre a mata e a Caatinga, espécie de mata pouco pujante de clima sub-úmido quente, onde a composição florística é constituída em grande parte por uma mistura de espécies da floresta atlântica e da Caatinga sertaneja. A devastação resultante da ocupação humana possibilita a invasão em massa das espécies xerófitas que formam atualmente grandes extensões da Caatinga (MELO, 2012, p. 19).

Os índices pluviométricos anuais e mensais da BHRI podem ser observados nas figuras 4.18 e 4.19. Ao analisar as figuras, nota-se duas regiões bem delimitadas pelo regime de precipitações influenciadas pelo planalto da Borborema. Na figura 4.18, observa-se que a escarpa oriental da Borborema delimita a zona úmida oriental da bacia, de pluviosidade acima de 1.000 mm, também conhecida como Zona da Mata pernambucana em virtude de seu revestimento florístico primitivo (MELO, 2012). Já a oeste da escarpa do Borborema – entre os municípios de Chã Grande, Sanharó e Arcoverde –, delimitada a partir da isoietas de 1.000 mm, as chuvas regidas pelos ventos de SE chegam mais escassas, com índices pluviométricos variando de 1.000 mm a 600 mm de médias anuais, que, na visão de Melo (2012), são compensadas pela ocorrência das pequenas manchas úmidas de altitude ou vales bem orientados quanto à direção dos ventos, denominadas “brejos”, que são frequentes em toda a região agrestina.

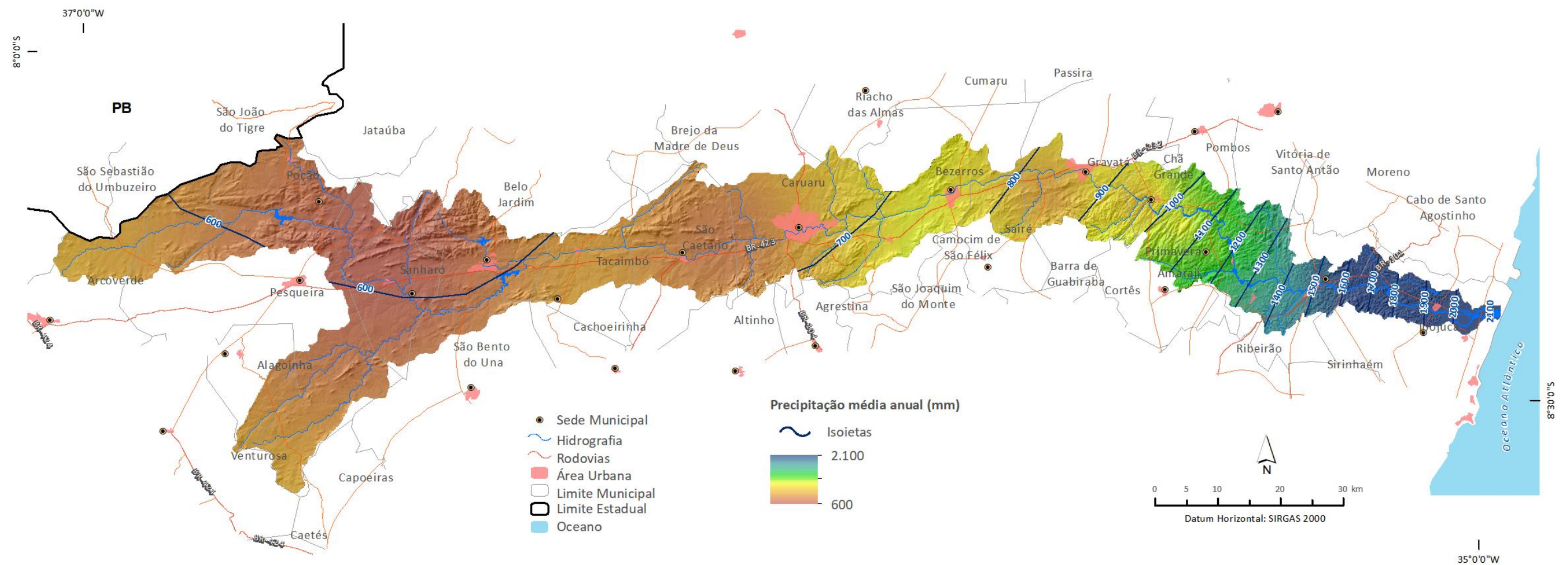


Figura 4.18: Precipitações anuais médias da BHRI.
Fontes: DNIT - rodovias.
IBGE - limites municipais, estaduais e sedes municipais.
Governo de Pernambuco - Plano Hidroambiental - limite da bacia do rio Ipojuca.
Elaboração própria.



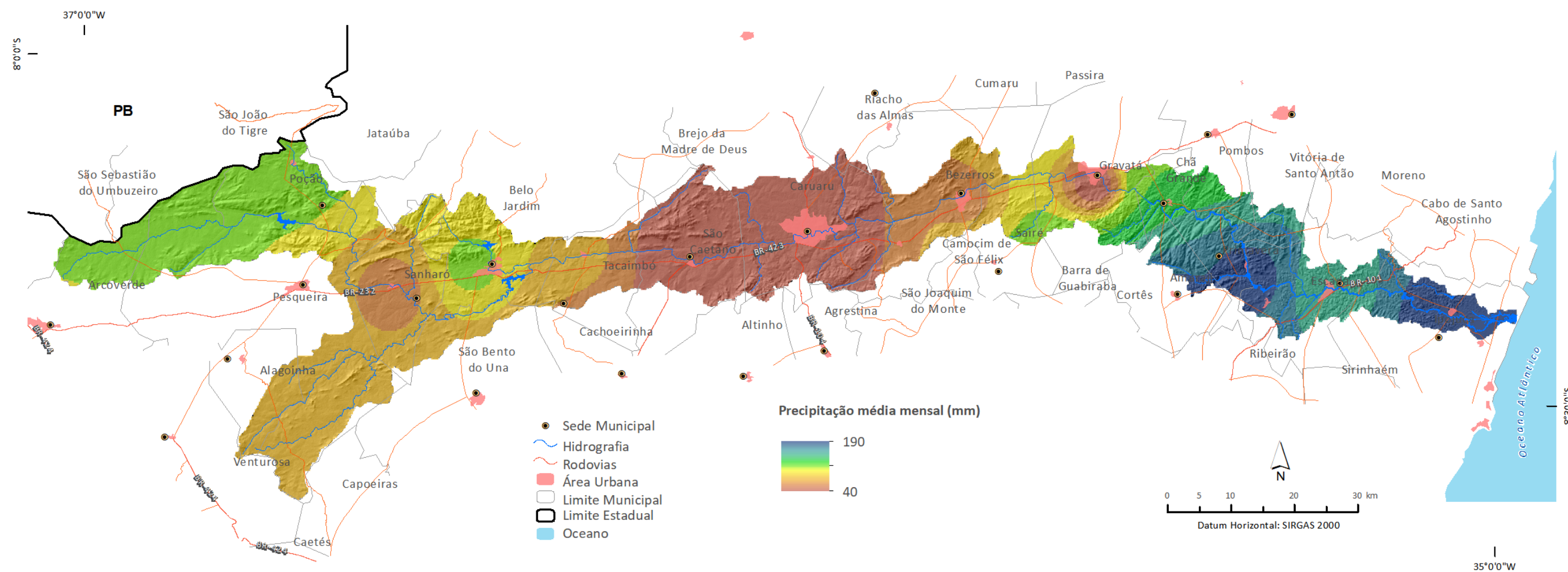


Figura 4.19: Precipitações médias mensais da BHRI
 Fontes: DNIT - rodovias.
 IBGE - limites municipais, estaduais e sedes municipais.
 Governo de Pernambuco - Plano Hidroambiental - limite da bacia do rio Ipojuca.
 Elaboração própria.



O autor ressalta que na região agreste da BHRI, o relevo desempenha um papel perceptível na variação dos índices pluviométricos (600 a 900 mm a.a.). A variação das cotas no sentido de leste para oeste está relacionada mais com a altitude do que com posição relativamente ao mar, pois as chuvas mais abundantes ocorrem nos lugares mais elevados, onde as temperaturas mais baixas ocasionam a precipitação do resto da umidade conduzida pelos alísios depois de passarem sobre a escarpa do planalto (MELO, 2012). Cabe ressaltar que as estações pluviométricas estão situadas nas cidades, que, por sua vez, estão localizadas geralmente nos vales e acabam não registrando as precipitações das áreas mais chuvosas.

Desse modo, Melo (2012) evidencia que:

correspondem estas manchas geralmente restritas dos altos dos pequenos maciços que se situam entre os rios ou que dão origem a suas cabeceiras. São os “brejos”. “Brejos de altitude” (...). Outras vezes, as manchas úmidas correspondem a vales estreitos, possivelmente pela sua orientação relativamente à direção dos ventos. São também, os “brejos”, os “brejos de vale”. Trata-se, em um caso e no outro, de numerosas “ilhas” de clima úmido disseminadas sobre as amplas áreas secas. “Ilhas” que terão um papel decisivo nos fatos relacionados com a ocupação humana e o uso da terra (MELO, 2012, p. 106 e 107).

Conforme avaliado ainda pelo autor, o regime pluviométrico do Agreste, governado pela massa equatorial atlântica, como o da região situada a leste, é de chuvas de outono e inverno. Desse modo, como em todo o Nordeste brasileiro, no Agreste é habitual caracterizar-se o período chuvoso e o período quente respectivamente como de “inverno” e “verão”. Nessa região, novembro e dezembro são os meses mais secos. Em virtude da irregularidade do regime pluviométrico, a região está sujeita a grandes desequilíbrios, não somente quanto à distribuição das precipitações ao longo do ano, como a grandes variações de um ano para o outro. Períodos longos de estiagem ou de seca têm frequentemente efeitos negativos sobre as atividades da população regional (MELO, 2012).

Conforme já discutido nos parágrafos anteriores, de acordo com Crepani *et al.* (2001), a quantidade ou pluviosidade total, a intensidade pluviométrica e distribuição sazonal são as principais características físicas da chuva, o que evidencia a sua influência nos processos erosivos. O autor ressalta que:

A maior importância da intensidade pluviométrica é facilmente verificada quando se observa que uma elevada pluviosidade anual, mas com distribuição ao longo de todo período, tem um poder erosivo muito menor do que uma precipitação anual mais reduzida que se despeja torrencialmente num período determinado do ano, situação responsável pela extensiva denudação das regiões semiáridas. A distribuição sazonal

das chuvas é particularmente importante na determinação das perdas de solo em áreas ocupadas pela agricultura, que podem permanecer sem cobertura vegetal durante um período do ano dependendo do tipo de manejo a que estejam submetidas (CREPANI *et al.*, 2001, p. 95).

Desse modo, o valor da intensidade pluviométrica para uma determinada área pode ser obtido dividindo-se o valor da pluviosidade média anual (em mm) pela duração do período chuvoso (em meses). O quadro 4.7 apresenta as características dos dados de pluviosidade média anual e mensal, de duração média do período chuvoso e de intervalos possíveis de intensidade pluviométrica para as diferentes regiões do país.

Quadro 4.7: Características físicas das chuvas nas diversas regiões do Brasil.

| Região | Pluviosidade média anual (mm) | Duração do período chuvoso (meses) | Intensidade pluviométrica (mm/mês) | |
|--------------|-------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------|
| | | | Mínima | Máxima |
| Norte | 1.400 a 3.400 | 7 a 12 | 116,6 | 485,7 |
| Nordeste | 300 a 2.000 | 1 a 3 | 100,0 | 2.000,0 |
| Sudeste | 900 a 3.600 | 6 a 12 | 75,0 | 600,0 |
| Sul | 1.200 a 2.000 | 9 a 12 | 100,0 | 222,2 |
| Centro-Oeste | 1.000 a 3.000 | 7 a 11 | 90,9 | 428,5 |

Fonte: Crepani *et al.*, 2001.

Concorda-se com Crepani *et al.* (2001) quando o autor afirma que os valores de intensidade pluviométrica podem ser considerados representantes de valores de energia potencial disponível para transformar-se em energia cinética responsável pela potencialidade de erosividade da chuva, logo, pode-se afirmar que quanto maiores os valores da intensidade pluviométrica maior é a erosividade da chuva. De modo que, conforme entendimento do autor, pode-se criar uma escala de erosividade da chuva que represente a influência do clima nos processos morfodinâmicos.

Esta escala de erosividade da chuva pode ser construída de maneira a comportar 21 classes de erosividade (tomando como referência o quadro 4.2) e associar valores, relativos e empíricos, de vulnerabilidade natural à perda de solo, uma vez que quanto maior a erosividade da chuva maior é a perda de solo das unidades de paisagem natural (CREPANI *et al.*, 2001, p. 97).

Tomando como parâmetro os dados ora apresentados, Crepani *et al.* (2001) elaboraram uma escala de erosividade da chuva e valores de vulnerabilidade à perda de solo (quadro 4.8), construída a partir da distribuição linear dos valores contidos entre os intervalos possíveis de intensidade pluviométrica apresentados no quadro 4.7, para as diversas regiões do país.

Quadro 4.8: Características físicas das chuvas nas diversas regiões do Brasil.

| Intensidade pluviométrica (mm/mês) | Vulnerabilidade | Intensidade pluviométrica (mm/mês) | Vulnerabilidade | Intensidade pluviométrica (mm/mês) | Vulnerabilidade |
|------------------------------------|-----------------|------------------------------------|-----------------|------------------------------------|-----------------|
| <50 | 1,0 | 200 - 225 | 1,7 | 375 - 400 | 2,4 |
| 50 - 75 | 1,1 | 225 - 250 | 1,8 | 400 - 425 | 2,5 |
| 75 - 100 | 1,2 | 250 - 275 | 1,9 | 425 - 450 | 2,6 |
| 100 - 125 | 1,3 | 275 - 300 | 2,0 | 450 - 475 | 2,7 |
| 125 - 150 | 1,4 | 300 - 325 | 2,1 | 475 - 500 | 2,8 |
| 150 - 175 | 1,5 | 325 - 350 | 2,2 | 500 - 525 | 2,9 |
| 175 - 200 | 1,6 | 350 - 375 | 2,3 | > 525 | 3,0 |

Fonte: Crepani *et al.*, 2001.

Assim, na proposta dos autores,

as unidades de paisagem natural localizadas em regiões que apresentam menores índices pluviométricos anuais e maior duração para o período chuvoso receberão valores próximos à estabilidade (1,0), aos valores intermediários associam-se os valores de vulnerabilidade/estabilidade ao redor de 2,0, e às unidades de paisagem natural localizadas em regiões de maiores índices de pluviosidade anual e menor duração do período chuvoso atribuem-se valores próximos da vulnerabilidade (3,0) (CREPANI *et al.*, 2001, p. 97).

A partir dos parâmetros discutidos acima, foram elaboradas a figura 4.20 e a tabela 4.4, com o intuito de espacializar e identificar, respectivamente, a escala de vulnerabilidade à erosão para as diferentes paisagens que compõem a BHRI, como subsídio ao planejamento e ordenamento territorial.



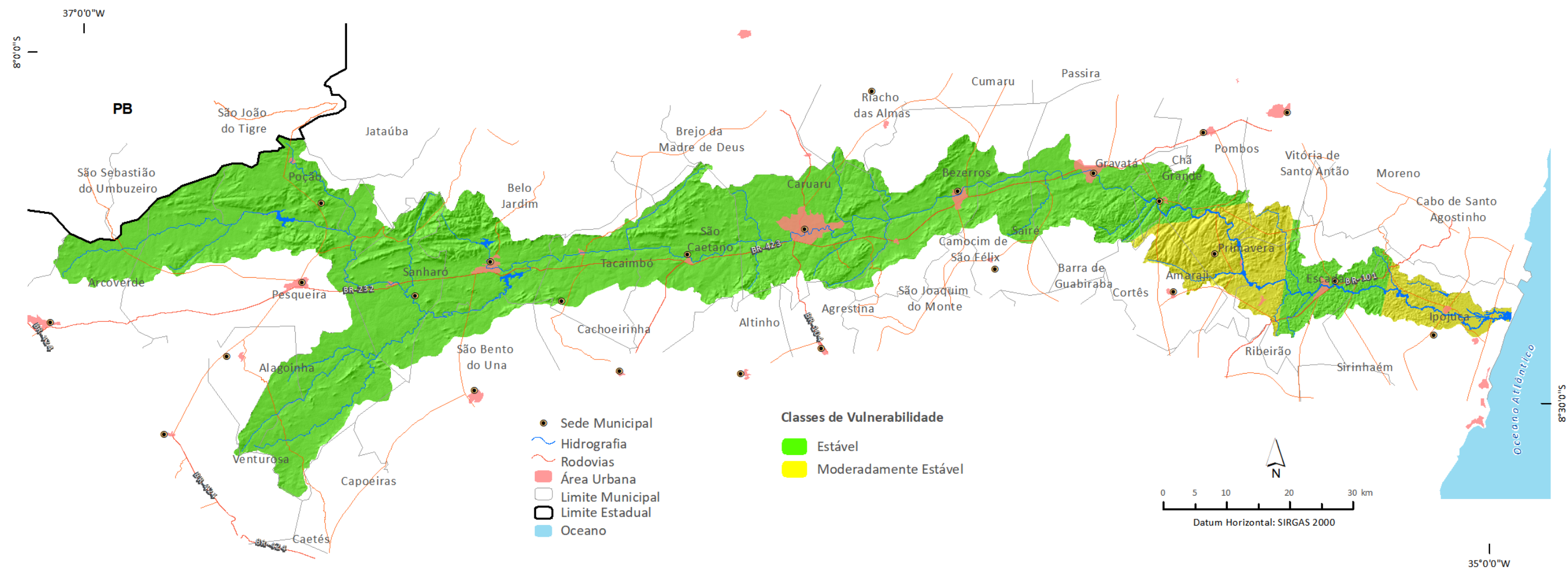


Figura 4.20: Classes de vulnerabilidade ambiental da BHRI com base nos índices pluviométricos.
Fontes: DNIT - rodovias.
IBGE - limites municipais, estaduais e sedes municipais.
Governo de Pernambuco - Plano Hidroambiental - limite da bacia do rio Ipojuca.
Crepani *et al.*, 2001 - vulnerabilidade.
Elaboração própria.



Tabela 4.4: Classes de vulnerabilidade ambiental da BHRI com base nos índices pluviométricos.

| Intensidade pluviométrica (mm/mês) | Área em hectares dentro da bacia | % de área ocupada dentro da bacia | Escala de vulnerabilidade à erosão | Grau de vulnerabilidade |
|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-------------------------|
| 48,86 - 79,45 | 304.630,54 | 88,59 | 1,0 - 1,3 | Estável |
| 173,61 - 189,27 | 39.249,68 | 11,41 | 1,4 - 1,7 | Moderadamente estável |
| Total | 343.880,22 | 100 | | |

Fonte: Crepani *et al.*, 2001.

Ao observar a figura 4.19, nota-se a influência do relevo sobre os índices pluviométricos da BHRI, que vai refletir diretamente nos diferentes graus de vulnerabilidade aos processos erosivos, pois, como já afirmado anteriormente, as altitudes predominantes na região do planalto da Borborema provocam as precipitações com chuvas mais abundantes nos lugares mais elevados, deixando o restante da umidade para precipitar a oeste da bacia, com menos intensidade. Melo (2012) observa ainda que:

do degrau oriental do Borborema (...), além de uma delimitação morfológica, constitui uma fronteira climática inter-regional. Do mesmo modo que a região colinosa de leste, a que se situa a oeste desse degrau tem as suas condições de chuvas regidas pelos ventos do Atlântico. Mas já não fica diretamente exposta aos alísios. Quando esses ventos atingem o planalto, suas correntes inferiores já têm deixado sobre a área das colinas e das várzeas canavieiras a maior parte da umidade que conduzem (MELO, 2012, p. 107).

Num contexto regional, a influência da fronteira climática desempenhada pelo planalto da Borborema sobre os índices pluviométricos da bacia pode ser observada a partir da espacialização da vulnerabilidade, apresentada na figura 4.20. De acordo com a metodologia proposta por Crepani *et al.* (2001), foram mapeadas na BHRI apenas duas áreas com diferentes graus de vulnerabilidade a processos erosivos, sendo elas estável e moderadamente estável.

Com intensidades pluviométricas que variam de 48,86 - 79,45 mm/mês – à exceção das áreas no entorno do município de Escada (situadas a leste da bacia) –, as áreas com uma estabilidade muito baixa representam 88,59% e estão situadas, em sua maioria, na região oeste da bacia, entre os municípios de Chã Grande e Arcoverde, com aproximadamente 304.630,54 ha. As áreas com grau de vulnerabilidade moderadamente estável/baixa, onde os índices pluviométricos são maiores (173,61 - 189,27 mm/mês), estão situadas nas áreas de influências

provocadas pelas barreiras de altitudes do planalto da Borborema, no entorno dos municípios de Primavera e Ipojuca, e ocupam cerca de 11,41% (39.249,68 ha) da bacia. Nessa região, em virtude do regime hídrico, o rio Ipojuca se torna perene e bem mais caudaloso, diferentemente de algumas áreas mais próximas às nascentes da bacia onde o rio permanece intermitente no período de estiagem.

Cabe destacar que a observação da dinâmica das chuvas é muito importante para se conhecer a sua capacidade de erosividade em uma bacia. Entretanto, ressalta-se que, no caso da BHRI, apesar da sua morfologia apresentar características de relevo montanhoso e/ou escarpado em algumas áreas ao longo da mesma (figura 4.14), no entorno dos municípios de São Caetano, Belo Jardim e Sanharó, as baixas intensidades pluviométricas mensais predominantes na região, associadas às características dos solos, não são suficientes para alterar a estabilidade do relevo. Por outro lado, no entorno dos municípios de Primavera e Chã Grande há o predomínio de solos do tipo latossolo amarelo e argissolo amarelo que, devido a sua textura argilosa, juntamente com intensidade pluviométrica da região, associada ao relevo montanhoso e/ou escarpado, podem vir a modificar a estabilidade, visto que esses solos podem ser degradados facilmente por compactação e erosão, o que exige práticas rigorosas e intensivas de controle de erosão, quando sob manejo agrícola.

4.1.5 Características da vulnerabilidade/fragilidade ambiental da BHRI com base em seus aspectos da cobertura vegetal e uso e ocupação do solo

Neste item, procurou-se discutir apenas os aspectos relativos à vulnerabilidade da cobertura vegetal e ao uso e ocupação do solo. Haja vista, os demais aspectos relacionados ao tema já terem sido amplamente discutidos no capítulo 3 desta tese.

O estudo da vulnerabilidade ambiental da variável cobertura vegetal/uso e ocupação do solo (tabela 4.5 e figura 4.21) tem ocupado um papel relevante nas pesquisas de cunho do planejamento e ordenamento territorial. Visto que, é a partir dela que, ao traduzir e/ou entender as interferências humanas nos resultados sobre os demais itens que compõem o estudo da vulnerabilidade discutido até aqui, se faz compreender a relação sociedade/natureza sob seus diversos aspectos, além de identificar as transformações ocorridas no tempo e no espaço. Desse modo, tomou-se como parâmetro para análise da vulnerabilidade os resultados obtidos a partir do último mapeamento realizado para as análises do uso ocupação do solo para o ano de 2015, constantes da figura 3.19 (Mapa das classes de uso do solo da BHRI no ano 2015).

A VULNERABILIDADE AMBIENTAL COMO SUBSÍDIO AO
PLANEJAMENTO E ORDENAMENTO TERRITORIAL - ESTUDO
DE CASO DA BACIA DO RIO IPOJUCA - PE/BRASIL

Tabela 4.5: Classes de vulnerabilidade ambiental da BHRI com base na cobertura vegetal/uso e ocupação do solo, 2015.

| Classes | Área em hectares dentro da bacia | % de área ocupada dentro da bacia | Escala de vulnerabilidade à erosão | Grau de vulnerabilidade |
|------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| Mangue | 516,38 | 0,15 | 1,7 | Moderadamente estável |
| Floresta densa | 24.107,50 | 7,01 | 2,0 | Medianamente estável/vulnerável |
| Praias e dunas | 11,61 | 0,00 | 2,3 | Moderadamente vulnerável |
| Floresta aberta | 108.429,00 | 31,53 | 2,3 | |
| Agricultura ou pastagem | 99.554,90 | 28,95 | 3,0 | Vulnerável |
| Pastagem | 78.092,10 | 22,71 | 3,0 | |
| Infraestrutura urbana | 19.540,00 | 5,68 | 3,0 | |
| Vegetação campestre (campos) | 12.993,90 | 3,78 | 3,0 | |
| Corpos d'água* | 634,83 | 0,18 | - | - |
| Total | 343.880,22 | 100,00 | | |

Fonte: Crepani *et al.*, 2001.

*Esses elementos não entram no cálculo de vulnerabilidade à erosão.



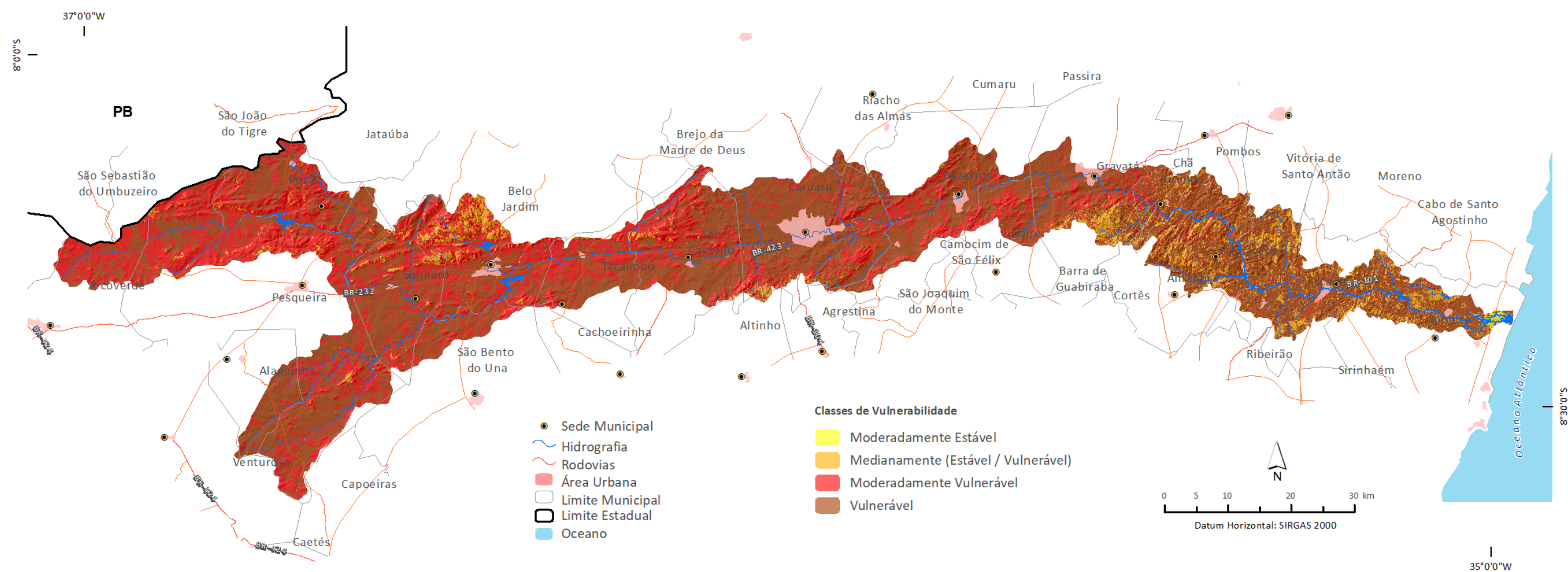


Figura 4.21: Classes de vulnerabilidade ambiental da BHRI com base na cobertura vegetal/uso e ocupação do solo, 2015.

Fontes: DNIT - rodovias.

IBGE - limites municipais, estaduais e sedes municipais.

Governo de Pernambuco - Plano Hidroambiental - limite da bacia do rio Ipojuca.

Crepani *et al.*, 2001 - vulnerabilidade.

Elaboração própria.



Ao observar a tabela 4.5 e a figura 4.21, nota-se ao longo da bacia uma predominância de áreas com características vulneráveis quando avaliadas sob a ótica da cobertura vegetal/uso e ocupação do solo, com destaque para agricultura ou pastagem (28,95%), pastagem (22,71%), infraestrutura urbana (5,68%) e vegetação campestre (3,78%). Somadas, essas classes ocupam uma área de aproximadamente 210.180,90 ha, o que equivale a 61,12% da área da bacia. Um dos cultivos responsáveis pela vulnerabilidade relacionada ao uso do solo da BHRI é a cana-de-açúcar, cujo monopólio ocupa quase toda a região do baixo curso da BHRI, também chamada de zona canavieira há quase cinco séculos, onde os solos são férteis e há abundância de água. Na região Agreste, a agricultura de subsistência e o pastoreio extensivo contribuem de forma significativa para a vulnerabilidade da região, devido aos solos rasos, já erodidos e depauperados. É importante ressaltar também que as áreas com infraestrutura urbana contribuem com 5,68%, com possibilidades de aumento dessas áreas devido aos loteamentos em expansão enfatizados no capítulo anterior. A cobertura vegetal que compõe a bacia, composta por floresta densa e floresta aberta, ocupa uma área de 24.107,50 ha e 108.429,00 ha, respectivamente, e foi classificada de acordo com Crepani *et al.* (2001) como medianamente estável/vulnerável e moderadamente vulnerável, respectivamente. Já a vegetação típica de mangue ocupa 516 ha e foi classificada como moderadamente estável.

4.2 QUADRO-SÍNTESE DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA BHRI

O quadro-síntese da vulnerabilidade ambiental da BHRI (tabela 4.6) foi elaborado com base na cruzamento dos indicadores produzidos a partir das características individuais da vulnerabilidade/fragilidade em relação às Unidades Territoriais Básicas (UTB) (figura 4.22) de geologia, geomorfologia, pedologia, pluviometria e uso do solo/cobertura vegetal constantes dos itens 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3, 4.1.4 e 4.1.5. Tal cruzamento foi realizado empregando modelo proposto pela equação 1, onde foi possível identificar os diferentes graus de vulnerabilidade ambiental da bacia, os quais definiram uma hierarquia nominal de vulnerabilidade. Quando aplicados individualmente, no caso da BHRI, receberam posteriormente um valor final, resultante da média aritmética dos valores individuais, tendo como produto final a indicação dos diferentes graus de vulnerabilidade da bacia, representados pelas classes: estável, moderadamente estável, medianamente estável/vulnerável e moderadamente vulnerável, de modo que sua distribuição na bacia pode ser observada nas figuras 4.23 e 4.24.

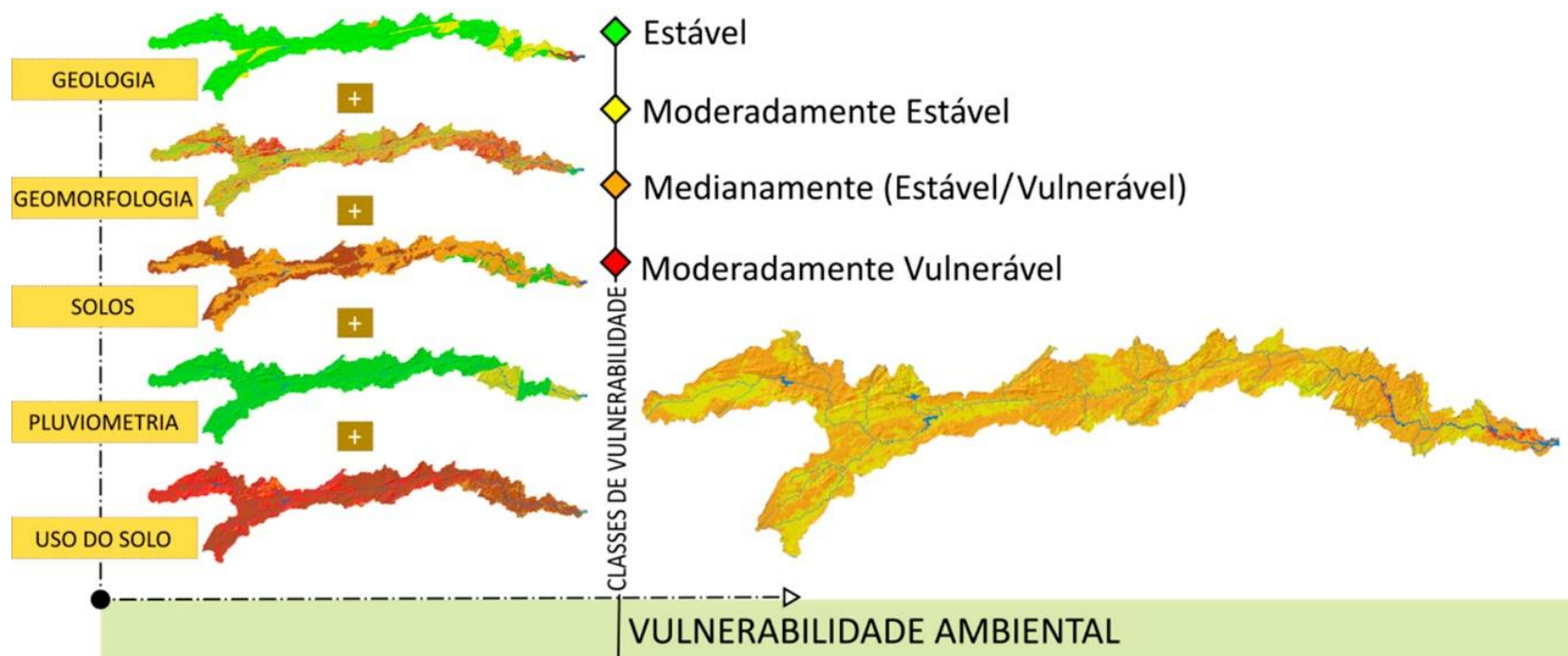


Figura 4.22: Mapa conceitual do modelo.
Fonte: Adaptado de Crepani *et al.*, 2001.
Elaboração própria.

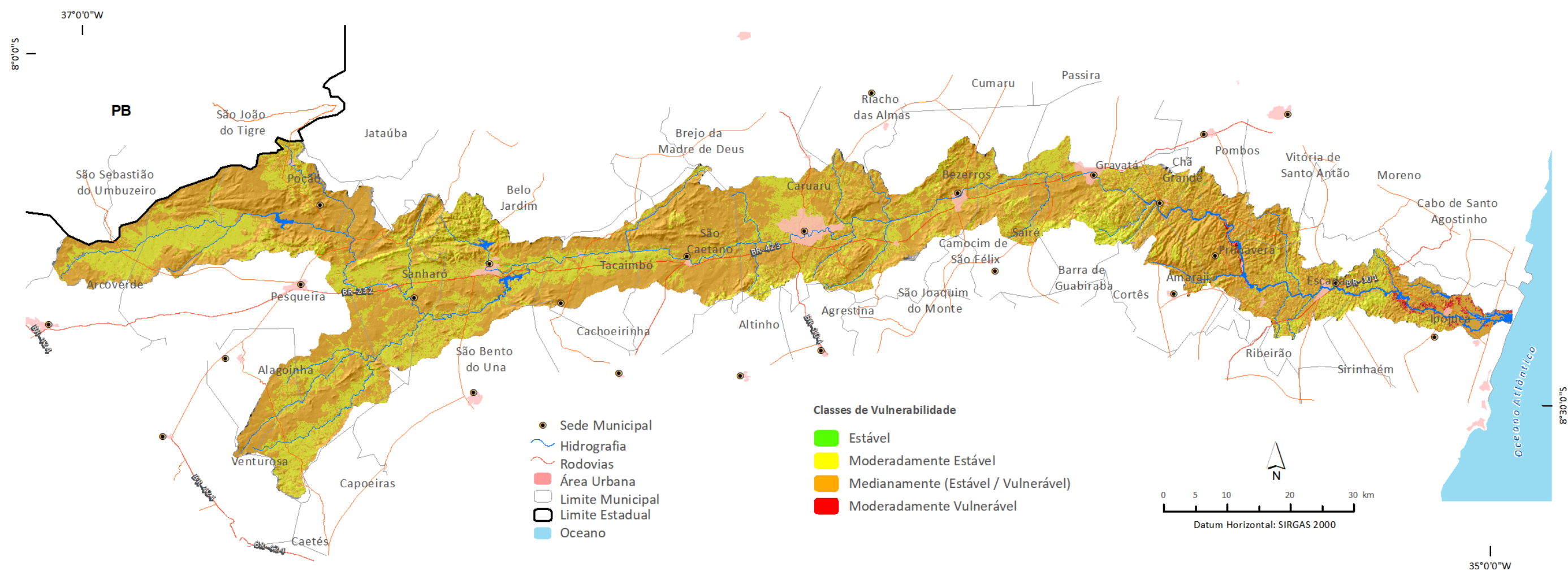


Figura 4.23: Mapa-síntese da vulnerabilidade ambiental da BHRI, com base em seus aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, climatológicos e de uso do solo/cobertura vegetal.

Fontes: DNIT - rodovias.

IBGE - limites municipais, estaduais e sedes municipais.

Governo de Pernambuco - Plano Hidroambiental - limite da bacia do rio Ipojuca.

Elaboração própria.



A VULNERABILIDADE AMBIENTAL COMO SUBSÍDIO AO
PLANEJAMENTO E ORDENAMENTO TERRITORIAL - ESTUDO
DE CASO DA BACIA DO RIO IPOJUCA - PE/BRASIL

Tabela 4.6: Quadro-síntese da vulnerabilidade ambiental da BHRI, por município, com base em seus aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, climatológicos e de uso do solo/cobertura vegetal.

| Município | Área do município (ha) | Área do município na bacia (ha) | Área do município na bacia (%) | Estável | | Moderadamente estável | | Medianamente estável/vulnerável | | Moderadamente vulnerável | |
|------------------------|------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------|-------------|-----------------------|--------------|---------------------------------|--------------|--------------------------|-------------|
| | | | | Área (ha) | % na bacia | Área (ha) | % na bacia | Área (ha) | % na bacia | Área (ha) | % na bacia |
| Agrestina | 20.517,80 | 40,27 | 0,20 | 0,06 | 0,00 | 15,35 | 0,00 | 11,79 | 0,00 | - | - |
| Alagoinha | 20.499,00 | 6.281,51 | 30,64 | 0,44 | 0,00 | 1.532,89 | 0,45 | 4.533,56 | 1,32 | - | - |
| Altinho | 46.438,90 | 304,29 | 0,66 | - | 0,00 | 249,14 | 0,07 | 49,98 | 0,01 | - | - |
| Amaraji | 24.058,60 | 5.740,62 | 23,82 | 5,97 | 0,00 | 1.357,01 | 0,39 | 4.667,69 | 1,36 | - | - |
| Arcoverde | 36.285,90 | 9.772,40 | 26,31 | - | 0,00 | 5.682,91 | 1,65 | 4.687,25 | 1,36 | - | - |
| Belo Jardim | 66.196,80 | 24.058,59 | 36,34 | 117,89 | 0,03 | 12.093,84 | 3,52 | 12.165,37 | 3,54 | - | - |
| Bezerras | 50.456,70 | 21.172,93 | 41,93 | - | 0,00 | 7.255,19 | 2,11 | 13.462,48 | 3,91 | - | - |
| Cachoeirinha | 18.487,10 | 172,84 | 0,94 | - | 0,00 | 2,97 | 0,00 | 168,02 | 0,05 | - | - |
| Caruaru | 94.110,80 | 38.815,59 | 41,24 | 43,62 | 0,01 | 14.239,23 | 4,14 | 25.393,43 | 7,38 | - | - |
| Chã Grande | 7.127,29 | 5.740,15 | 80,39 | 2,70 | 0,00 | 1.901,81 | 0,55 | 3.720,19 | 1,08 | - | - |
| Escada | 35.376,60 | 19.705,01 | 55,55 | 44,71 | 0,01 | 6.459,46 | 1,88 | 12.801,95 | 3,72 | 0,74 | 0,00 |
| Gravatá | 52.266,00 | 19.636,08 | 37,51 | 75,73 | 0,02 | 9.121,00 | 2,65 | 10.318,35 | 3,00 | - | - |
| Ipojuca | 53.999,20 | 15.076,82 | 27,83 | 63,51 | 0,02 | 3.610,92 | 1,05 | 9.433,45 | 2,74 | 1.054,09 | 0,31 |
| Pesqueira | 102.074,00 | 59.075,45 | 57,76 | 49,28 | 0,01 | 25.103,27 | 7,30 | 34.238,60 | 9,96 | - | - |
| Pombos | 21.187,00 | 6.602,63 | 31,10 | 15,61 | 0,00 | 877,50 | 0,26 | 5.502,45 | 1,60 | 31,11 | 0,01 |
| Poção | 20.391,00 | 18.316,34 | 89,55 | 29,09 | 0,01 | 4.131,17 | 1,20 | 14.824,95 | 4,31 | - | - |
| Primavera | 11.238,90 | 9.027,77 | 80,15 | 0,32 | 0,00 | 893,25 | 0,26 | 7.905,17 | 2,30 | 213,33 | 0,06 |
| Riacho das Almas | 31.928,90 | 906,67 | 2,84 | - | 0,00 | 230,85 | 0,07 | 549,35 | 0,16 | - | - |
| Sairé | 19.991,60 | 7.467,74 | 37,31 | 0,41 | 0,00 | 2.625,71 | 0,76 | 4.802,28 | 1,40 | - | - |
| Sanharó | 26.064,70 | 24.744,26 | 94,93 | 10,11 | 0,00 | 11.439,37 | 3,33 | 13.252,66 | 3,85 | - | - |
| São Bento do Una | 74.213,80 | 7.189,61 | 9,69 | 0,44 | 0,00 | 3.784,48 | 1,10 | 3.381,96 | 0,98 | - | - |
| São Caetano | 39.108,00 | 25.793,62 | 65,92 | 9,44 | 0,00 | 4.059,32 | 1,18 | 21.563,44 | 6,27 | - | - |
| Tacaimbó | 23.206,00 | 13.914,55 | 59,96 | 1,60 | 0,00 | 4.883,05 | 1,42 | 8.951,64 | 2,60 | - | - |
| Venturosa | 34.588,20 | 132,80 | 0,38 | - | 0,00 | 3,03 | 0,00 | 70,49 | 0,02 | - | - |
| Vitória de Santo Antão | 37.942,30 | 4.191,67 | 11,02 | 0,33 | 0,00 | 601,86 | 0,18 | 3.496,32 | 1,02 | 2,28 | 0,00 |
| Totais | - | 343.880,22 | - | 471,25 | 0,14 | 122.154,60 | 35,52 | 219.952,82 | 63,96 | 1.301,55 | 0,38 |

Fonte: Crepani *et al.*, 2001.

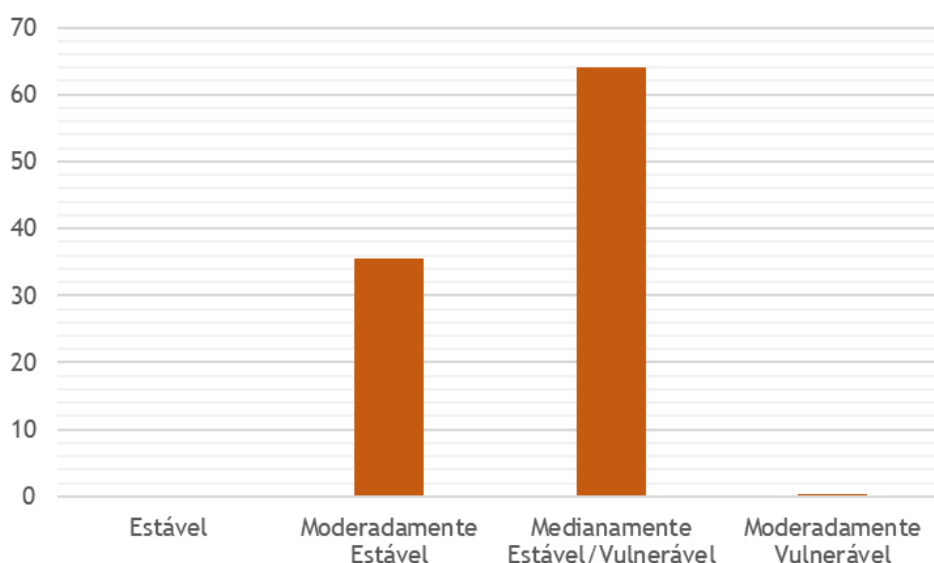


Figura 4.24: Síntese da distribuição dos diferentes graus de vulnerabilidade ambiental da BHRI.
 Fonte: Crepani *et al.*, 2001.

As áreas estáveis apresentam um grau de vulnerabilidade muito baixo e são consideradas um meio ecodinamicamente estável. Apesar disso, essas áreas representam apenas 0,14% da área da BHRI, com aproximadamente 471,25 ha (tabela 4.6). A distribuição geográfica dessas áreas é maior principalmente na porção leste da bacia, entre os municípios de Ipojuca e Gravatá, conforme observado na figura 4.25, porém, com pequenas manchas poucos representativas na região a oeste, no entorno dos municípios de Caruaru e Sanharó. Estão situadas sobre as unidades geológicas do complexo Belém do São Francisco, rochas metaplutônicas e suíte magmática, as quais são bastante coesas devido sua composição físico-química, o que lhes confere resistência à ação dos agentes erosionais. Quanto à declividade, as áreas estáveis que compõem a bacia estão localizadas predominantemente em relevo plano e/ou suave-ondulado, que quando associado aos baixos índices pluviométricos ali incidentes denotam baixa susceptibilidade ao processo erosivo.

As áreas moderadamente estáveis, assim como as áreas estáveis apresentam um baixo grau de vulnerabilidade, representam 35,52% da bacia, com uma área de 122.154,60 ha. Sua distribuição geográfica predomina em toda a bacia conforme observado na figura 4.26. Os municípios de Belo Jardim, Caruaru, Pesqueira e Sanharó somados apresentam 18,29% das áreas moderadamente estáveis em relação à bacia (tabela 4.6). Essas áreas, em sua maioria, estão situadas sobre relevo com características plano e/ou suave-ondulado, porém é possível encontrá-las com certa frequência em ambientes de relevo com característica ondulada e fortemente ondulada, denotando maiores cuidados quando da implementação de políticas de planejamento e ordenamento territorial em função da propensão a processos erosivos.

Quanto às características pedológicas, é possível notar um predomínio dessas áreas sobre tipos de solos considerados de média susceptibilidade erosiva, a exemplo dos argissolos e planossolos. Porém, nota-se, em menor escala, a presença das áreas moderadamente estáveis em regiões de solo com alta fragilidade, a exemplo do neossolo flúvico, nas regiões de vale do baixo curso do rio Ipojuca.

As áreas medianamente estáveis/vulneráveis (figura 4.27) representam 63,96% da bacia, com aproximadamente 219.952,82 ha. É a unidade de paisagem que mais predomina, estando presente em todos os municípios que fazem interface com a bacia. Essas áreas, no âmbito do planejamento e ordenamento do território, merecem maior atenção, visto que são áreas consideradas “*intergrade*”; conforme proposto nos estudos de unidades ecodinâmicas elaborados por Tricart (1977), são ambientes característicos de transição entre as áreas de muito baixa a muito alta vulnerabilidade ambiental.

Em relação aos componentes geológicos e pluviométricos, essas áreas apresentam fatores de vulnerabilidade baixos. Em relação à geologia, essas unidades de paisagem estão presentes em áreas de litologia da unidade da suíte magmática, rochas metaplutônicas, ambas consideradas de muito baixo grau de vulnerabilidade, com exceção de pequenas áreas com litologias mais propensas aos processos erosivos como as unidades geológicas do Cenozoico/Quaternário e a formação Algodoadais, na região litorânea da bacia. Já em relação aos índices pluviométricos, a variação mensal na bacia de 40 a 190 mm/mês não é suficiente para aumentar a susceptibilidade à erosão.

Por outro lado, o cenário começa a mudar quando comparadas as incidências nessas áreas dos tipos de solo, formas de uso e ocupação do solo/cobertura vegetal e as declividades encontradas nessa unidade de paisagem. Em relação às características pedológicas, identificou-se o predomínio de tipos de solo considerados de alta susceptibilidade erosiva, a exemplo dos neossolos, além dos argissolos amarelo e vermelho-amarelo, e planossolos, todos considerados solos de médio grau de vulnerabilidade. Para a declividade, existe a predominância das classes morfométricas de média a alta vulnerabilidade, com declives entre 6% e 20% e de 20% até 50%, consideradas de média a alta susceptibilidade erosiva, ocupando as maiores extensões desse ambiente.

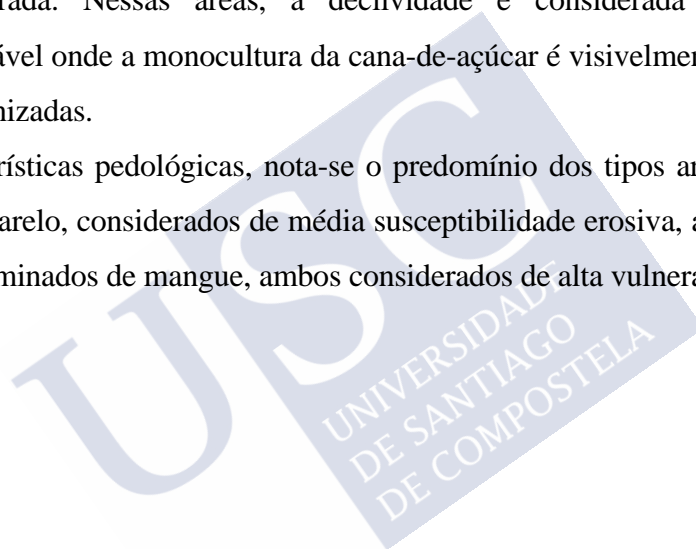
Em relação ao uso e ocupação do solo/cobertura vegetal, os indicadores apontaram que essa unidade de paisagem está bastante transformada pelas atividades socioprodutivas, haja vista que a maior parte dessa unidade já possui considerável interferência humana. Contudo, é possível encontrar fragmentos de vegetação aberta e campestre.

As áreas moderadamente vulneráveis ocupam apenas 0,38% da bacia, com aproximadamente 1.301,55 ha, são consideradas um meio ecodinâmico instável devido ao elevado grau de susceptibilidade à erosão dos elementos naturais e socioprodutivos que a compõem (TRICART, 1977). Geograficamente, essa unidade de paisagem está localizada na região litorânea da bacia, nos municípios de Pombos, Escada, Primavera e Ipojuca (figura 4.28).

Um dos fatores que contribui para a vulnerabilidade moderada dessas áreas é que elas estão localizadas sobre ocorrências de sedimentos do Cenozoico/Quaternário, sedimento considerado de elevado grau de vulnerabilidade, com grau 3,0 na escala de vulnerabilidade proposta por Crepani *et al.* (2001).

Assim como a litologia, as formas de uso e ocupação do solo, a cobertura vegetal e a declividade também contribuem bastante na determinação dessas áreas com grau de vulnerabilidade moderada. Nessas áreas, a declividade é considerada moderadamente vulnerável e/ou vulnerável onde a monocultura da cana-de-açúcar é visivelmente predominante, seguido das áreas urbanizadas.

Quanto às características pedológicas, nota-se o predomínio dos tipos argissolo amarelo, argissolo vermelho-amarelo, considerados de média susceptibilidade erosiva, além de neossolo flúvico e solos indiscriminados de mangue, ambos considerados de alta vulnerabilidade.



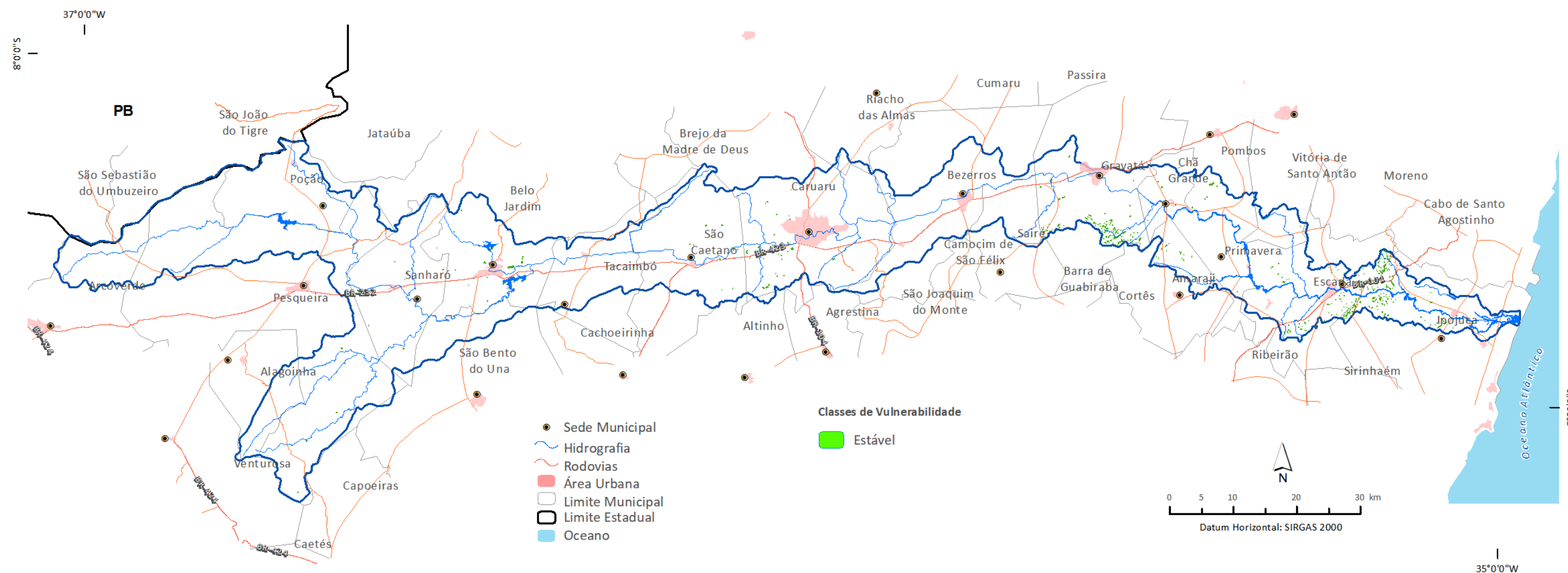


Figura 4.25: Distribuição geográfica das áreas com grau de vulnerabilidade estável, presentes na BHRI.

Fontes: DNIT - rodovias.

IBGE - limites municipais, estaduais e sedes municipais.

Governo de Pernambuco - Plano Hidroambiental - limite da bacia do rio Ipojuca.

Elaboração própria.



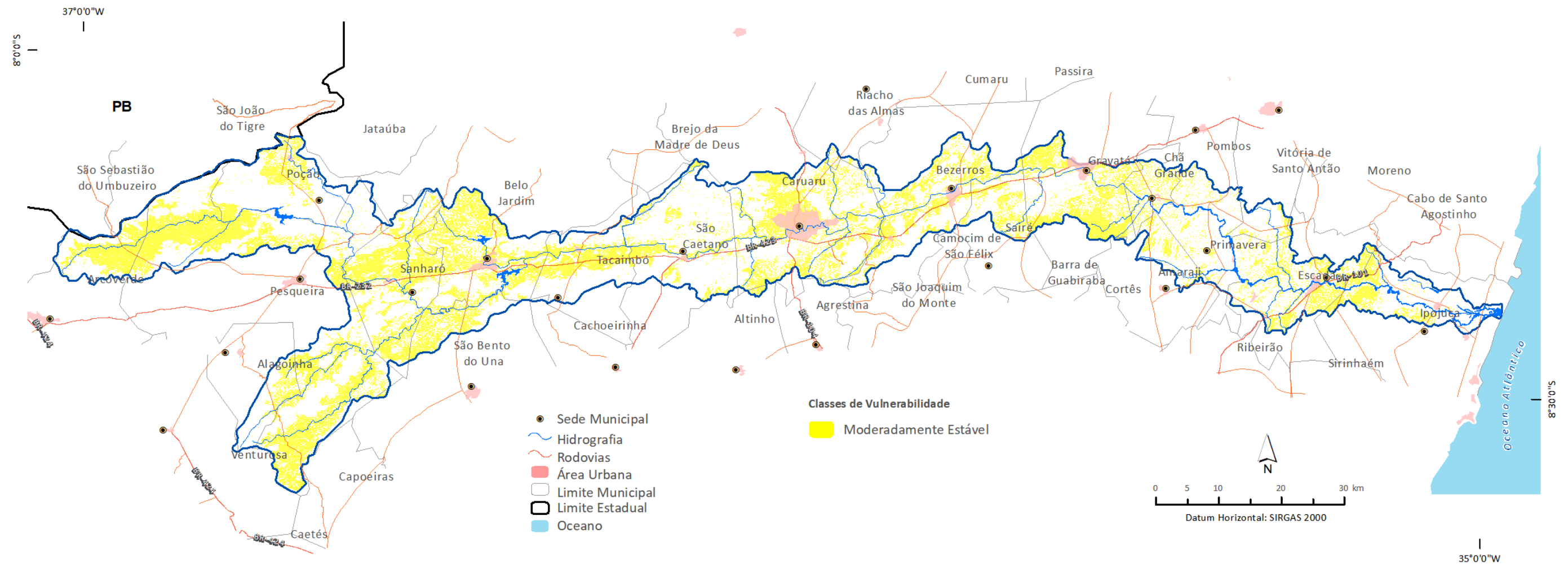


Figura 4.26: Distribuição geográfica das áreas com grau de vulnerabilidade moderadamente estável, presentes na BHRI.

Fontes: DNIT - rodovias.

IBGE - limites municipais, estaduais e sedes municipais.

Governo de Pernambuco - Plano Hidroambiental - limite da bacia do rio Ipojuca.

Elaboração própria.



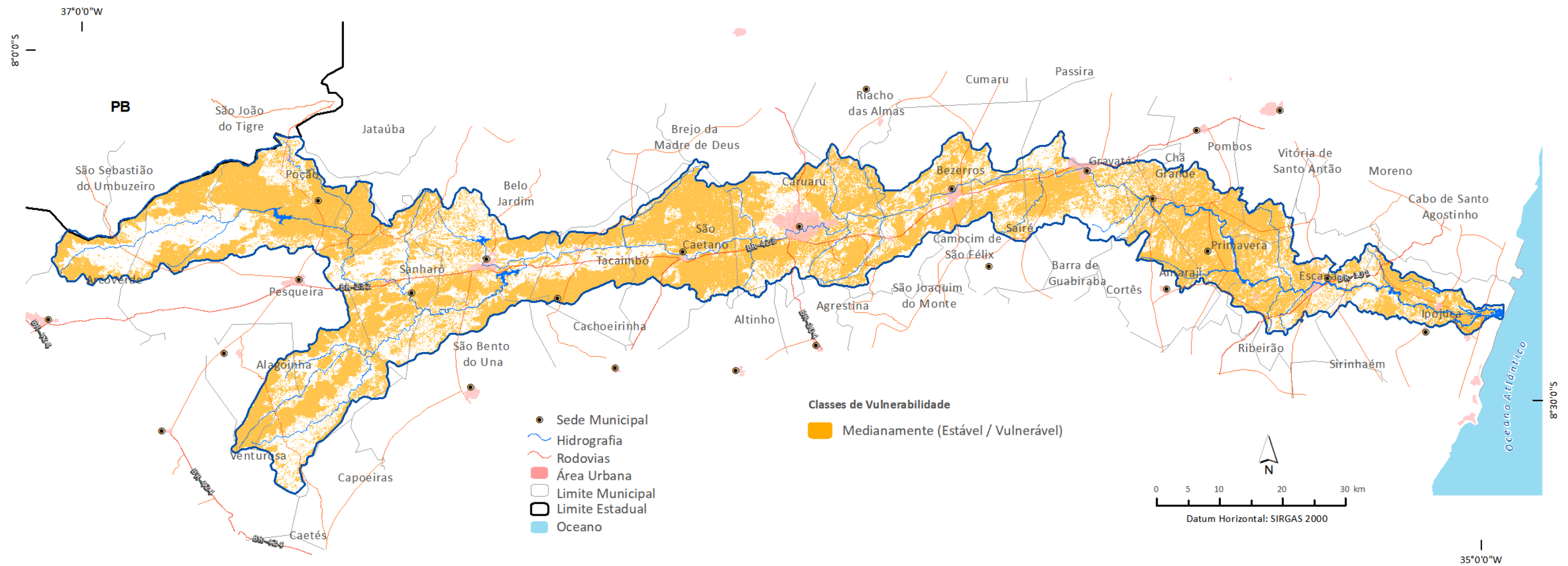


Figura 4.27: Distribuição geográfica das áreas com grau de vulnerabilidade medianamente estável/vulnerável, presentes na BHRI.

Fontes: DNIT - rodovias.

IBGE - limites municipais, estaduais e sedes municipais.

Governo de Pernambuco - Plano Hidroambiental - limite da bacia do rio Ipojuca.

Elaboração própria.



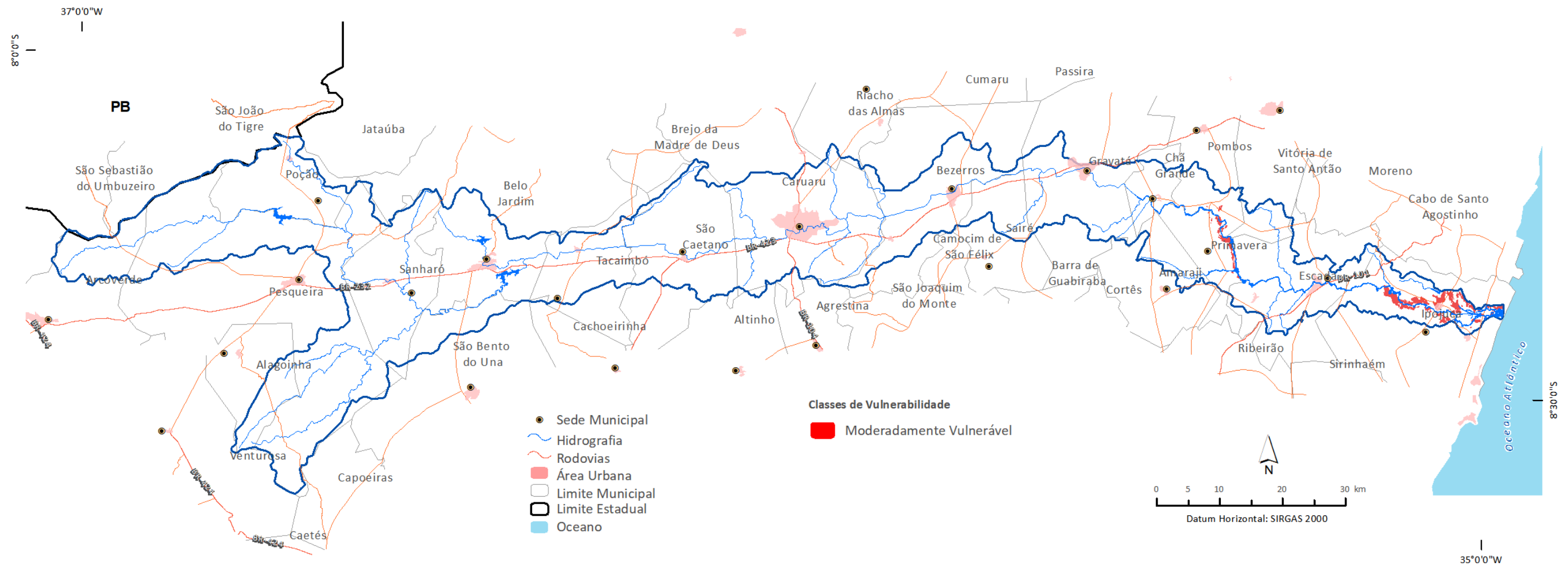


Figura 4.28: Distribuição geográfica das áreas com grau de vulnerabilidade moderadamente vulnerável, presentes na BHRI.

Fontes: DNIT - rodovias.

IBGE - limites municipais, estaduais e sedes municipais.

Governo de Pernambuco - Plano Hidroambiental - limite da bacia do rio Ipojuca.

Elaboração própria.



O estudo da vulnerabilidade ambiental realizado no âmbito da BHRI representou uma importante ferramenta no diagnóstico ambiental, possibilitando entendimento da situação de degradação que ocorre na bacia, de modo a dar subsídios às futuras ações de planejamento e ordenamento territorial a serem propostas.

Analisando individualmente os indicadores de vulnerabilidade (em relação à geologia, geomorfologia, solos, pluviometria, uso e ocupação do solo e cobertura vegetal), foi possível identificar, com exceção dos indicadores relativos aos aspectos pluviométricos, que todos eles apresentaram o grau de vulnerabilidade “vulnerável”.

Cabe destacar que os indicadores analisados desempenharam um papel fundamental no estudo da vulnerabilidade ambiental, sugerindo que o equilíbrio ecodinâmico da bacia depende diretamente do grau de estabilidade desses elementos, podendo aumentar ou diminuir a vulnerabilidade ambiental em função do tipo de atividade antrópica que se dá sobre eles.

Por ser o principal agente modificador no meio ambiente, a classe de uso e ocupação do solo, dentre as demais estudadas, é a que merece maior atenção, tendo em vista que 61,30% dos usos que compõem a bacia foram classificados com grau de vulnerabilidade “vulnerável” e 31,53%, foram classificados com graus moderados de vulnerabilidade. Somadas, essas duas classes representam 92,83%. Esse fato, reforça a premissa de que as atividades antrópicas sejam planejadas e inseridas observando a compatibilidade, as potencialidades, bem como as limitações dos sistemas ambientais. As classes de uso que representam esses indicadores são compostas pela floresta aberta, no caso da classe “moderadamente vulnerável”, além da agricultura ou pastagem, pastagem, infraestrutura urbana, vegetação campestre e corpos d’água representando a classe “vulnerável”. As classes agricultura ou pastagem e pastagem são os usos que mais contribuem para a vulnerabilidade, com 28,95% e 22,71% respectivamente. Esse alto índice de vulnerabilidade apresentado pela classe de uso e ocupação do solo é reflexo da maneira com que a população da bacia tem ao longo dos anos se apropriado do espaço geográfico, sem considerar a fragilidade dos sistemas ambientais.

A análise da síntese desses indicadores, quando cruzados, baseados na metodologia elaborada por Crepani *et al.* (2001), o grau máximo de vulnerabilidade identificado na bacia foi o “moderadamente vulnerável”; apresentando, contudo, uma baixa representatividade na bacia, com apenas 0,38% de sua área. Em segundo lugar, foi identificado a classe de vulnerabilidade “medianamente estável/vulnerável” com 63,96% da área da bacia.

É importante ressaltar que, embora, numa primeira análise, as classes de uso e ocupação do solo tenham demonstrado preocupação em virtude do alto índice de vulnerabilidade apresentado, esse resultado não teve grande influência na síntese da vulnerabilidade apresentada pela bacia. Daí a importância da realização de uma análise integrada de modo a ter uma visão holística do ambiente estudo. Porém, cabe destacar que a observação individual desses indicadores serve de base no apoio à tomada de decisão no intuito de buscar o equilíbrio dos sistemas.



5. ZONEAMENTO E ORDENAMENTO TERRITORIAL: UMA PROPOSTA PARA A BACIA DO RIO IPOJUCA - PE/BRASIL

As atividades voltadas para o planejamento e ordenamento territorial podem se apresentar sob diferentes formas de expressão. Em projetos que possuem a bacia hidrográfica como unidade de análise, o zoneamento tem se mostrado um importante instrumento de planejamento e ordenamento territorial, visto que possibilita caracterizar o território e segmentá-lo em zonas homogêneas de modo a regular o uso e a ocupação do solo por parte dos agentes gestores do espaço geográfico. Em função da complexidade e especificidade do ambiente da bacia hidrográfica a ser estudada, é através do zoneamento que serão identificadas e estabelecidas zonas específicas para uma determinada atividade e/ou também será feito controle e monitoramento da mesma, estabelecendo-se diretrizes e metas a serem alcançadas dentro de uma conjuntura.

Vale salientar, entretanto, que o conceito de zoneamento, de acordo com Gomes (2015), tem origem nas sociedades industrializadas e urbanizadas, e atualmente tem sido empregado numa tentativa de dividir e organizar os espaços através do estabelecimento de áreas com destinação especial, de modo que, a partir do zoneamento, seja possível entender a problemática de determinada área e suas potencialidades, bem como fornecer subsídios ao ente planejador para a definição de prioridades; que oriente o uso, o manejo e a ocupação das unidades espaciais. Gomes (2015), ao citar Ross (2006), relata que, a partir das décadas de 1970 e 1980, as pesquisas geográficas feitas de forma integrada deram mais destaque às questões ambientais, com ênfase para os estudos de impactos ambientais, diagnóstico ambiental, zoneamento e planejamento ambiental, com o intuito de dar subsídios na definição de políticas públicas ambientais contextualizadas e com a preocupação no planejamento e ordenamento territorial, fornecendo, ainda, as bases que subsidiam a gestão territorial com enfoque ambiental e com bases técnico-científicas no Zoneamento Ecológico Econômico - ZEE (GOMES, 2015 *apud* Ross, 2006, p. 41).

Dada a relevância do tema, ao estabelecer os instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente - PNMA (BRASIL, 2002) que define o Zoneamento Ambiental, através do Zoneamento Ecológico-Econômico - ZEE, como um instrumento de planejamento, organização

e gestão do território, que visa orientar o planejamento, a gestão e as decisões do poder público, do setor privado e da sociedade em geral, considerando as potencialidades e limitações ambientais e socioeconômicas. O Zoneamento Ambiental será obrigatoriamente

seguido na implantação de planos, obras e atividades públicas e privadas, estabelece medidas e padrões de proteção ambiental destinados a assegurar a qualidade ambiental, dos recursos hídricos e do solo e a conservação da biodiversidade, garantindo o desenvolvimento sustentável e a melhoria das condições de vida da população (BRASIL, 2002).

Assim, ao tratar da distribuição espacial das atividades econômicas, as propostas e/ou projetos de zoneamento terão como premissa – quando da organização socioespacial – a importância ecológica, as limitações e as fragilidades dos ecossistemas, estabelecendo vedações, restrições e alternativas de exploração do território e determinando inclusive, quando for o caso, a relocação de atividades incompatíveis com suas diretrizes gerais (BRASIL, 2002).

Atualmente se tem discutido e implementado diversos tipos de zoneamento com o intuito de atender demandas específicas. Para citar alguns: o zoneamento geoambiental; o zoneamento ecológico; o zoneamento agrícola; o zoneamento climático; o zoneamento urbano; o zoneamento industrial; o zoneamento agroecológico. Todavia, na visão de Silva (2003, p. 20), independente de sua adjetivação, o zoneamento procura definir as “*zonas ‘homogêneas’ dentro de uma determinada região, segundo critérios de agrupamentos pré-estabelecidos, cujos resultados podem ser apresentados na forma de mapas temáticos, matrizes ou índices técnicos*”.

Ferreira (1999), ao tratar sobre o tema, enfatiza que o zoneamento significa:

ato ou efeito de zonedar; divisão racional de uma área em setores sujeitos a normas específicas para o desenvolvimento de certas atividades, para a conservação do meio ambiente, ou para a preservação do patrimônio cultural etc., enquanto que zona significa: ponto, parte, local; região que se caracteriza por certas particularidades (de temperatura, de vegetação, de população, econômicas, sociais etc.); região delimitada, ou parte de uma cidade, que se caracteriza pelo aspecto exterior, pela natureza das atividades que ali se desenvolvem etc. (FERREIRA, 1999, p. 2107, 2108).

Santos (2004) define o zoneamento como a “compartimentação de uma região em porções territoriais, obtida pela avaliação dos atributos mais relevantes e de suas dinâmicas”, onde,

cada compartimento é apresentado como uma “área homogênea”, ou seja, uma zona (ou unidade de zoneamento) delimitada no espaço, com estrutura e funcionamento uniforme. Cada unidade tem, assim, alto grau de associação dentro de si, com variáveis solidamente ligadas, mas significativa diferença entre ela e os outros compartimentos. Isso pressupõe que o zoneamento faz uma análise por

agrupamentos passíveis de serem desenhados no eixo horizontal do território.
(SANTOS, 2004, p. 132).

Do mesmo modo, Cadavid García (1991 *apud* SILVA, 2003, p. 20) “ênfatiza que o zoneamento é mais que identificar, localizar e classificar atributos de um território”; para o autor,

deve ser entendido, também, como o resultado de análises dinâmicas e regionalização de atributos relevantes obtendo, conseqüentemente, a integração dessas análises. É, antes de tudo, um trabalho interdisciplinar, balanceado, passível do uso de análise numérica (quantitativo), a ser desenvolvido no enfoque analítico e sistêmico, com vistas a orientar a revisão e/ou formulação de políticas de pesquisa e conservação e manejo integrado de recursos naturais (CADAVID GARCÍA, 1991 *apud* SILVA, 2003, p. 20).

Nesse sentido, o enfoque analítico refere-se à regionalização e diagnósticos dos atributos mais importantes, ou seja, com o qual os estudos desenvolvidos pelas equipes multidisciplinares, envolvendo os diferentes fatores ambientais, dariam sua maior contribuição; enquanto o enfoque sistêmico refere-se à integração dos diagnósticos, prognósticos e síntese para cada conjunto de informações, no qual é essencial a competência científica da equipe interdisciplinar (SILVA, 2003, p. 20).

Destarte, é consenso que o zoneamento é considerado o ponto de partida de um processo de planejamento e ordenamento territorial, cuja principal função é destinada à priorização de investimentos e à introdução de medidas de intervenção, tais como a recuperação de áreas degradadas, a introdução de infraestruturas físicas, como redes de esgoto e de iluminação pública, e o controle ambiental (PERNAMBUCO, 2017). Entretanto, Ab'Saber (1987) ressalta que o conceito de zoneamento exige uma série de entendimentos prévios e sua aplicação ou utilização em relação a um determinado espaço geográfico exige método, reflexão e estratégias próprias.

A partir desse contexto, as discussões acerca do zoneamento como principal instrumento do planejamento baseado em bacias hidrográficas voltaram a ser debatidas no Brasil, como forma de viabilizar efetivamente a resolução dos problemas e conflitos existentes e a melhoria da qualidade de vida da população envolvida. Por outro lado, Santos (2004) alerta que não é uma tarefa fácil, sobretudo em um país onde os fundamentos do processo do planejamento ambiental não são claros para muitos profissionais da área, devido à própria complexidade do processo que exige conhecimentos técnicos, ambientais, sociais, históricos, econômicos e culturais para o seu desenvolvimento.

5.1 PROPOSTA DE ZONEAMENTO PARA A BHRI

A proposta de zoneamento adotada nesta pesquisa foi elaborada com o propósito de definir um zoneamento cujas zonas homogêneas refletissem o mais próximo possível o funcionamento da bacia; e que sua estrutura compartilhasse os diversos sistemas ambientais que a compõem. Numa primeira aproximação, foram definidas duas classes de zoneamento – tendo como parâmetros a geomorfologia, os índices pluviométricos e o uso e ocupação do solo predominantes na bacia –, são elas: as Macrozonas e as Zonas. As macrozonas permitem uma visão mais abrangente da bacia e foram definidas a partir da observação do padrão de similaridade exercido pelos temas: geomorfologia, sobre os índices de precipitação mensal e o uso e ocupação do solo. Conforme discutido no capítulo 4, a geomorfologia, por meio do Piemonte oriental e das encostas orientais do planalto da Borborema, ao exercer o papel de “fronteira climática”, torna-se um dos principais fatores na determinação dessa similaridade, ao influenciar diretamente no padrão de precipitação, que por sua vez influencia no padrão de uso e ocupação do solo da bacia. Ao se observar as figuras 5.1, 5.2 e 5.3, percebe-se o padrão estabelecido entre os temas citados.

No caso específico do tema uso e ocupação do solo, foi observado em diversas publicações e confirmado durante as pesquisas de campo que há uma predominância do cultivo da cana-de-açúcar (monocultura) na região litorânea da bacia, possibilitado pela umidade decorrente do alto índice pluviométrico. Desse modo, as áreas de agricultura e pastagem, assim classificadas no tema uso e ocupação do solo, entre os municípios de Ipojuca e Chã Grande, foram reclassificadas para a classe cana-de-açúcar, para melhor compreender e representar a influência do relevo e do clima sobre as atividades antrópicas na macrozona. As macrozonas, assim, foram nomeadas de Macrozona Agrestina e Macrozona Litorânea (figura 5.4), em virtude de suas características físico-ambientais, com base no cruzamento dos temas acima abordados, e foram posteriormente ajustadas pelo limite municipal para melhor quantificar e caracterizar os indicadores a serem discutidos nesta pesquisa.

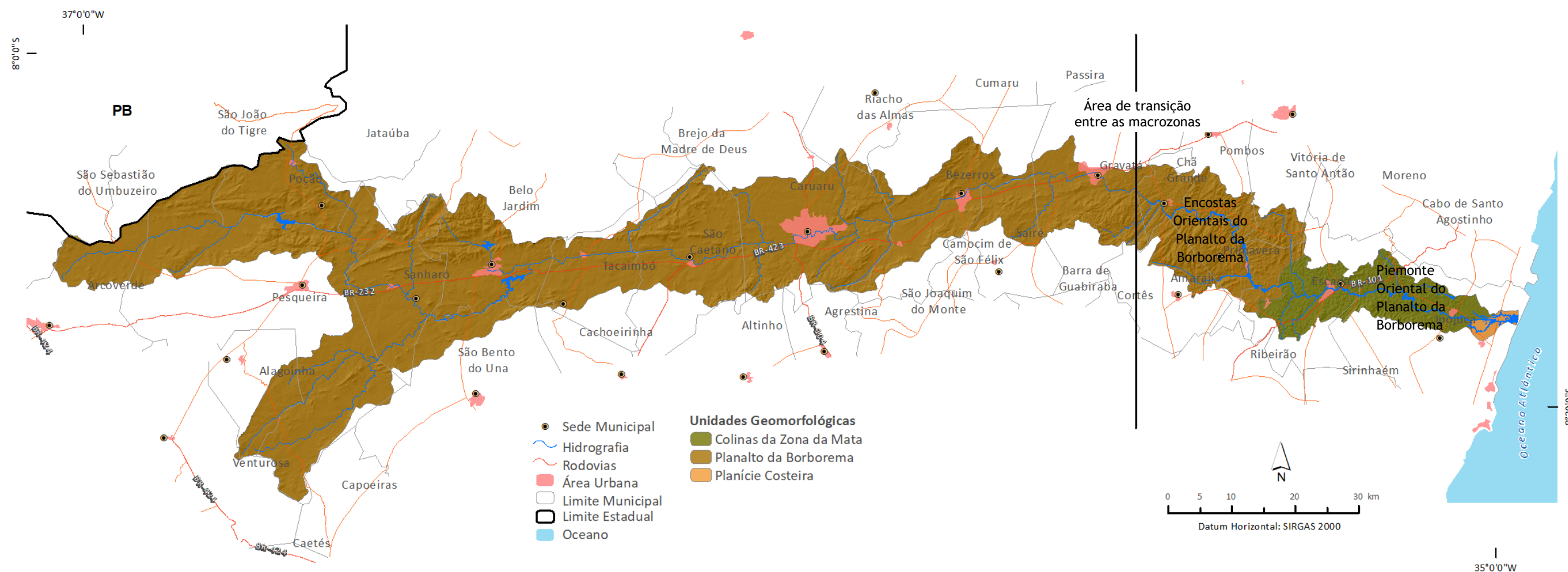


Figura 5.1: Padrão proposto para o estabelecimento das macrozonas com base na geomorfologia.

Fontes: DNIT - rodovias.

IBGE - limites municipais, estaduais e sedes municipais.

Governo de Pernambuco - Plano Hidroambiental - limite da bacia do rio Ipojuca.

Elaboração própria.



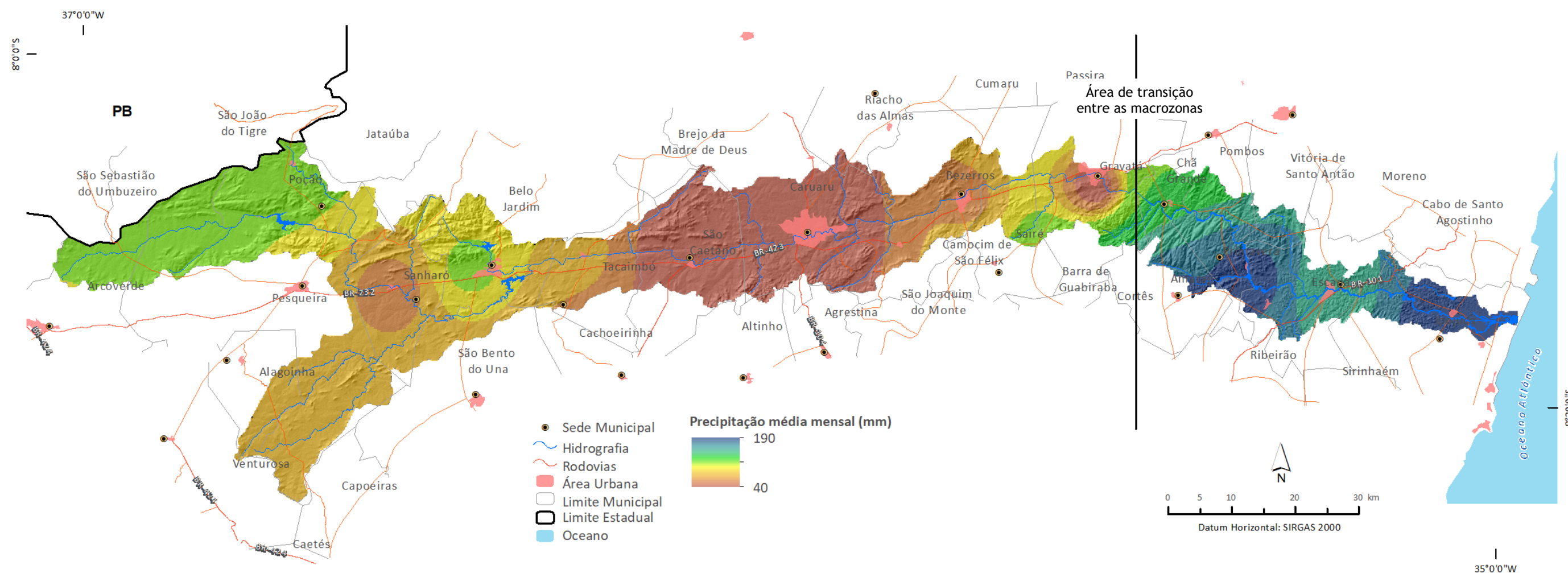


Figura 5.2: Padrão proposto para o estabelecimento das macrozonas com base na pluviometria.

Fontes: DNIT - rodovias.

IBGE - limites municipais, estaduais e sedes municipais.

Governo de Pernambuco - Plano Hidroambiental - limite da bacia do rio Ipojuca.

Elaboração própria.



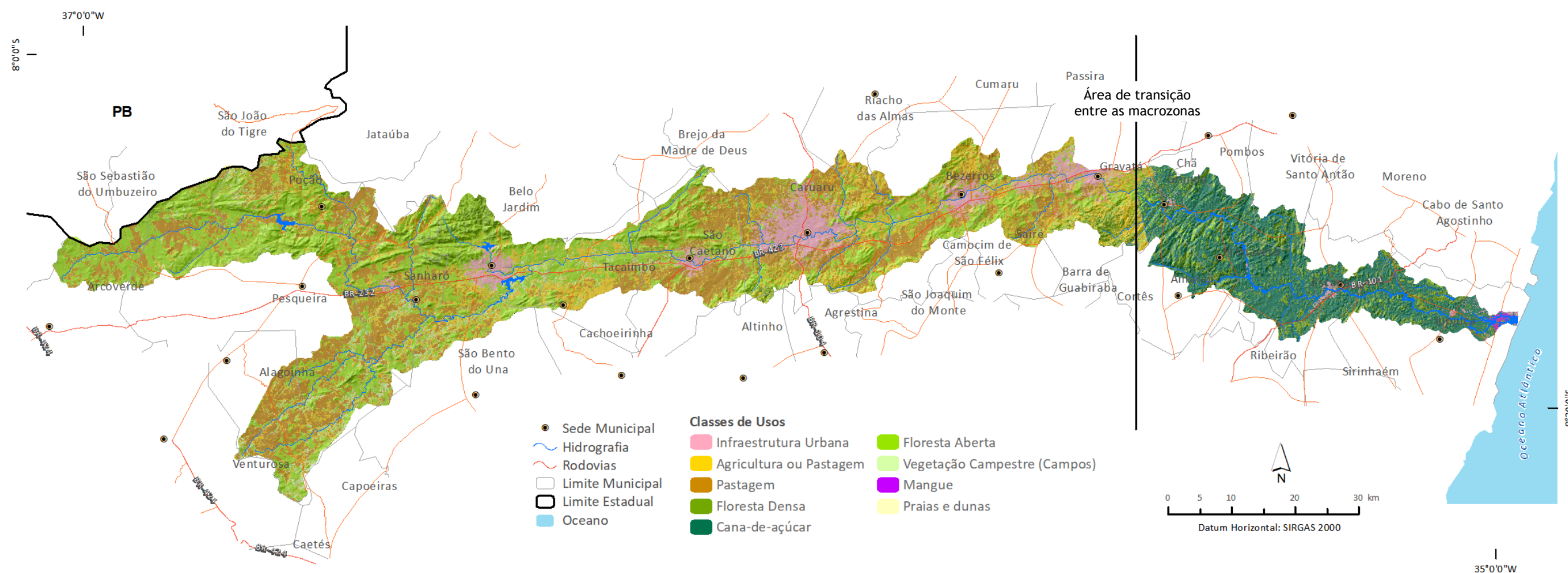


Figura 5.3: Padrão proposto para o estabelecimento das macrozonas com base no uso e ocupação do solo.

Fontes: DNIT - rodovias.

IBGE - limites municipais, estaduais e sedes municipais.

Governo de Pernambuco - Plano Hidroambiental - limite da bacia do rio Ipojuca.

Elaboração própria.



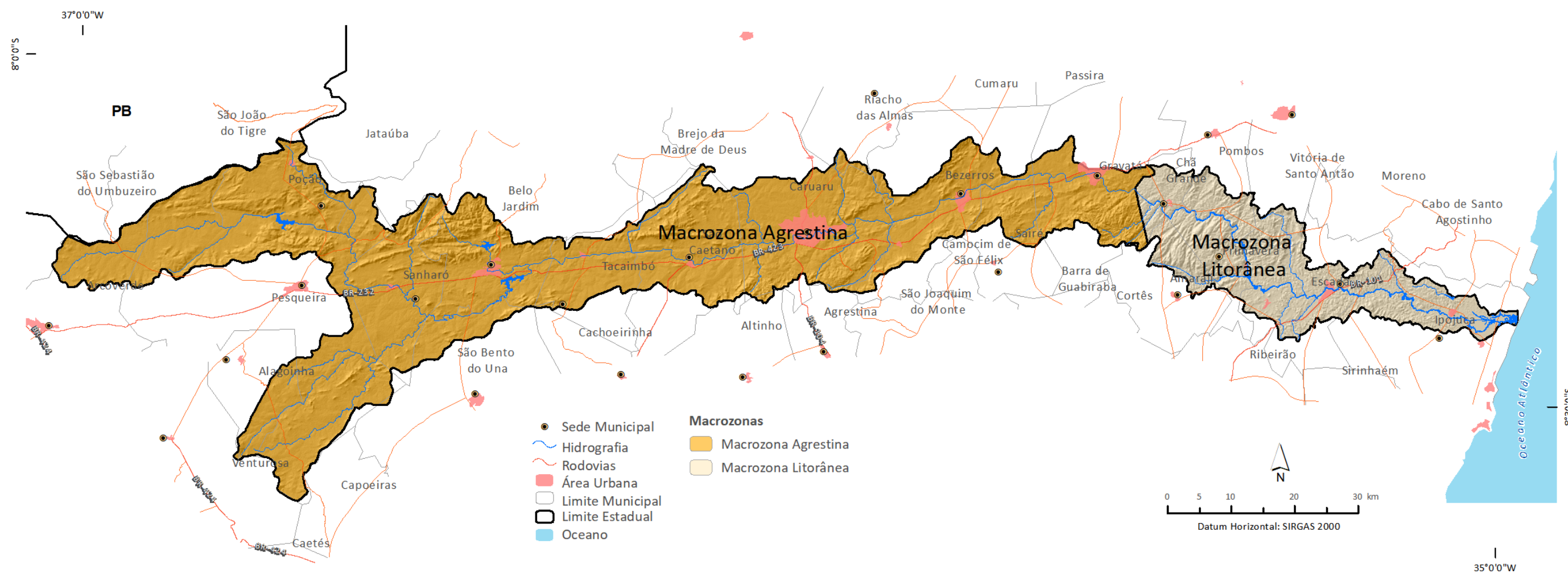


Figura 5.4: Proposta das macrozonas para gestão e ordenamento territorial da BHRI.
Fontes: DNIT - rodovias.
IBGE - limites municipais, estaduais e sedes municipais.
Governo de Pernambuco - Plano Hidroambiental - limite da bacia do rio Ipojuca.
Elaboração própria.



A tabela 5.1 apresenta uma visão geral de alguns indicadores populacionais como população residente total, população urbana e rural, densidade demográfica, além da abrangência territorial por macrozona e municípios que fazem interface com a BHRI. Conforme observado, as macrozonas Litorânea e Agrestina abrangem uma área de aproximadamente 66.084,67 ha e 277.795,54 ha, ocupando respectivamente 19,22% e 80,78% do território da bacia (figura 5.5). De acordo com o Censo Demográfico 2010 do IBGE, a população dos 25 municípios que fazem interseção com a bacia é de aproximadamente 1.226.385 habitantes, sendo que 732.701 desses habitantes, aproximadamente, residem dentro dos limites geográficos da bacia, sendo 132.062 (18,03%) na macrozona Litorânea e 600.639 (81,97%) na macrozona Agrestina.

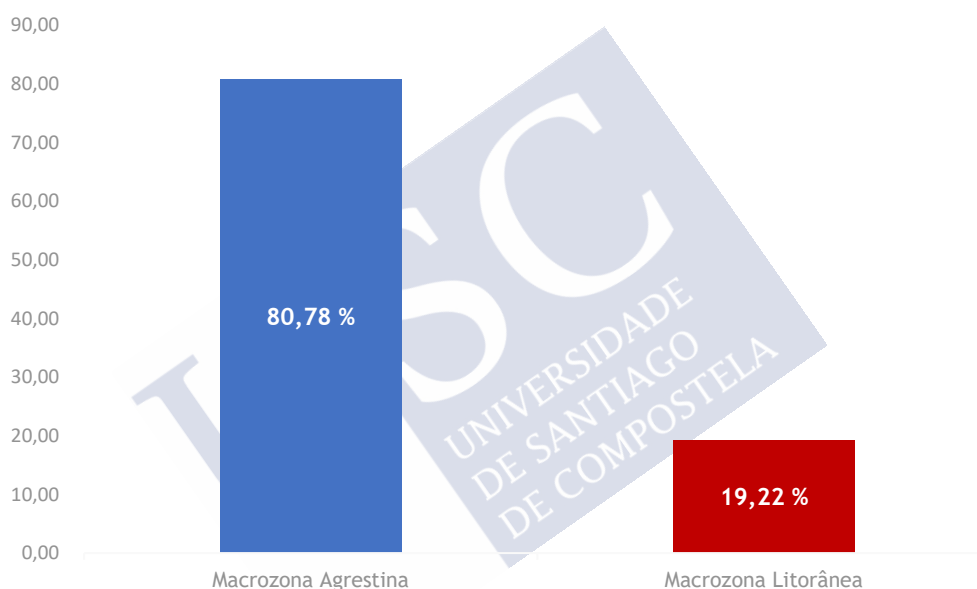


Figura 5.5: Percentual de área por macrozona em relação à BHRI.
Fonte: Elaboração própria, 2020.

Apenas 12 municípios, dentre os 25 que fazem interseção com a bacia, possuem sua sede municipal dentro dos seus limites, quatro deles estão localizados na macrozona Litorânea. São eles: Chã Grande, Escada, Ipojuca e Primavera; e os oito municípios restantes estão localizados na macrozona Agrestina: Belo Jardim, Bezerros, Caruaru, Gravatá, Poção, Sanharó, São Caetano e Tacaimbó. Os demais municípios possuem parte de suas áreas rurais ou áreas urbanas isoladas dentro da bacia. Desse modo, somadas, a população urbana da BHRI alcança aproximadamente 594.547 habitantes, o que equivale a 81,14% em relação à população total residente dentro dos limites geográficos da bacia. Nos municípios que compõem a macrozona Litorânea residem 92.039 pessoas, e outras 502.508 residem nos municípios da macrozona Agrestina. A população rural da BHRI soma 138.154 habitantes, sendo aproximadamente

40.023 residentes na macrozona Litorânea e 98.131 na macrozona Agrestina. Caruaru é o município mais populoso, com 314.912 habitantes – dos quais, 295.889 residem dentro dos limites da bacia –, seguido pelos municípios de Vitória de Santo Antão (129.974), Ipojuca (80.637) e Gravatá (76.458). Ao se analisar a tabela 5.1, percebe-se que entre os municípios que fazem interface com a BHRI, Cachoeirinha é o que possui a maior densidade demográfica urbana, com aproximadamente 54,44 hab./ha, seguido do município de Primavera com 45,49 hab./ha, Amaraji com 39,73 hab./ha e Ipojuca com 36,38 hab./ha.



Tabela 5.1: População residente total, rural e urbana e densidade demográfica por macrozona e município que fazem interface com a BHRI.

| Macrozona | Município | Área do município na bacia/ macrozona (ha) | % na macrozona | População residente por municípios que fazem interseção com a bacia | | | | | Área total por municípios que fazem interseção com a bacia (ha) | | Densidade por município (hab./ha) | | População residente por município dentro da bacia | | | | | Área total por município dentro da bacia (ha) | | Densidade por município dentro da bacia (hab./ha) | |
|-------------|------------------------|--|----------------|---|------------|-------|-----------|-------|---|------------|-----------------------------------|-------|---|---------|-------|---------|--------|---|------------|---|-------|
| | | | | Total | Urbana | % | Rural | % | Urbana | Rural | Urbana | Rural | Total | Urbana | % | Rural | % | Urbana | Rural | Urbana | Rural |
| Litorânea | Amaraji | 5.740,62 | 8,69 | 21.939 | 16.045 | 73,13 | 5.894 | 26,87 | 403,86 | 23.654,74 | 39,73 | 0,25 | 4.143 | - | - | 4.143 | 100,00 | - | 5.740,62 | - | 0,72 |
| | Chã Grande* | 5.740,15 | 8,69 | 20.137 | 13.692 | 67,99 | 6.445 | 32,01 | 1.521,51 | 5.605,78 | 9,00 | 1,15 | 20.137 | 13.692 | 67,99 | 6.445 | 32,01 | 1.521,51 | 4.218,64 | 9,00 | 1,53 |
| | Escada* | 19.705,01 | 29,82 | 63.517 | 53.964 | 84,96 | 9.553 | 15,04 | 1.645,49 | 33.731,11 | 32,80 | 0,28 | 59.746 | 53.964 | 90,32 | 5.782 | 9,68 | 1.645,49 | 18.059,52 | 32,80 | 0,32 |
| | Ipojuca* | 15.076,82 | 22,81 | 80.637 | 59.719 | 74,06 | 20.918 | 25,94 | 1.641,49 | 52.357,71 | 36,38 | 0,40 | 32.544 | 15.237 | 46,82 | 17.307 | 53,18 | 124,04 | 14.952,78 | 122,84 | 1,16 |
| | Pombos | 6.602,63 | 9,99 | 24.046 | 16.011 | 66,58 | 8.035 | 33,42 | 1.007,19 | 20.179,81 | 15,90 | 0,40 | 2.110 | 567 | 26,87 | 1.543 | 73,13 | 62,53 | 6.540,10 | 9,07 | 0,24 |
| | Primavera* | 9.027,77 | 13,66 | 13.439 | 8.579 | 63,84 | 4.860 | 36,16 | 188,59 | 11.050,31 | 45,49 | 0,44 | 12.555 | 8.579 | 68,33 | 3.976 | 31,67 | 188,59 | 8.839,18 | 45,49 | 0,45 |
| | Vitória de Santo Antão | 4.191,67 | 6,34 | 129.974 | 113.429 | 87,27 | 16.545 | 12,73 | 3.116,01 | 34.826,29 | 36,40 | 0,48 | 827 | - | - | 827 | 100,00 | - | 4.191,67 | - | 0,20 |
| Subtotal | | 66.084,67 | 100,00 | 353.689,00 | 281.439,00 | 79,57 | 72.250,00 | 20,43 | 9.524,14 | 181.405,75 | 29,55 | 0,40 | 132.062 | 92.039 | 69,69 | 40.023 | 30,31 | 3.542,16 | 62.542,52 | 25,98 | 0,64 |
| Agrestina | Agrestina | 40,27 | 0,01 | 22.679 | 16.957 | 74,77 | 5.722 | 25,23 | 610,06 | 19.907,74 | 27,80 | 0,29 | 999 | - | - | 999 | 100,00 | 0 | 40,27 | - | 24,81 |
| | Alagoinha | 6.281,51 | 2,26 | 13.759 | 7.769 | 56,46 | 5.990 | 43,54 | 345,39 | 20.153,61 | 22,49 | 0,30 | 5.382 | 1.301 | 24,17 | 4.081 | 75,83 | 95,60 | 6.185,91 | 13,61 | 0,66 |
| | Altinho | 304,29 | 0,11 | 22.353 | 12.776 | 57,16 | 9.577 | 42,84 | 472,77 | 45.966,13 | 27,02 | 0,21 | 1.546 | - | - | 1.546 | 100,00 | - | 304,29 | - | 5,08 |
| | Arcoverde | 9.772,40 | 3,52 | 68.793 | 62.668 | 91,1 | 6.125 | 8,9 | 3.118,89 | 33.167,01 | 20,09 | 0,18 | 2.003 | - | - | 2.003 | 100,00 | - | 9.772,40 | - | 0,20 |
| | Belo Jardim* | 24.058,59 | 8,66 | 72.432 | 58.233 | 80,4 | 14.199 | 19,6 | 1.772,23 | 64.424,57 | 32,86 | 0,22 | 64.650 | 53.897 | 83,37 | 10.753 | 16,63 | 1.592,13 | 22.466,46 | 33,85 | 0,48 |
| | Bezerros* | 21.172,93 | 7,62 | 58.668 | 49.740 | 84,78 | 8.928 | 15,22 | 4.098,05 | 46.358,65 | 12,14 | 0,19 | 53.019 | 47.048 | 88,74 | 5.971 | 11,26 | 4.009,19 | 17.163,74 | 11,74 | 0,35 |
| | Cachoeirinha | 172,84 | 0,06 | 18.819 | 15.205 | 80,8 | 3.614 | 19,2 | 279,31 | 18.207,79 | 54,44 | 0,20 | 320 | - | - | 320 | 100,00 | - | 172,84 | - | 1,85 |
| | Caruaru* | 38.815,59 | 13,97 | 314.912 | 279.589 | 88,78 | 35.323 | 11,22 | 11.320,74 | 82.790,06 | 24,70 | 0,43 | 295.889 | 278.790 | 94,22 | 17.099 | 5,78 | 11.269,57 | 27.546,02 | 24,74 | 0,62 |
| | Gravatá* | 19.636,08 | 7,07 | 76.458 | 68.385 | 89,44 | 8.073 | 10,56 | 19.795,54 | 32.470,46 | 3,45 | 0,25 | 70.562 | 65.059 | 92,20 | 5.503 | 7,80 | 11.342,77 | 8.293,31 | 5,74 | 0,66 |
| | Pesqueira | 59.075,45 | 21,27 | 62.931 | 45.126 | 71,71 | 17.805 | 28,29 | 2.000,30 | 100.073,70 | 22,56 | 0,18 | 14.747 | 3.520 | 23,87 | 11.227 | 76,13 | 173,43 | 58.902,02 | 20,30 | 0,19 |
| | Poção* | 18.316,34 | 6,59 | 11.242 | 6.988 | 62,16 | 4.254 | 37,84 | 229,38 | 20.161,62 | 30,46 | 0,21 | 11.242 | 6.988 | 62,16 | 4.254 | 37,84 | 229,38 | 18.086,96 | 30,46 | 0,24 |
| | Riacho das Almas | 906,67 | 0,33 | 19.162 | 8.762 | 45,73 | 10.400 | 54,27 | 1.092,89 | 30.836,01 | 8,02 | 0,34 | 2.288 | - | - | 2.288 | 100,00 | - | 906,67 | - | 2,52 |
| | Sairé | 7.467,74 | 2,69 | 11.240 | 6.305 | 56,09 | 4.935 | 43,91 | 966,88 | 19.024,72 | 6,52 | 0,26 | 3.999 | 1.176 | 29,41 | 2.823 | 70,59 | 765,04 | 6.702,70 | 1,54 | 0,42 |
| | Sanharó* | 24.744,26 | 8,91 | 21.955 | 12.500 | 56,93 | 9.455 | 43,07 | 538,38 | 25.526,32 | 23,22 | 0,37 | 21.955 | 12.500 | 56,93 | 9.455 | 43,07 | 538,38 | 24.205,88 | 23,22 | 0,39 |
| | São Bento do Una | 7.189,61 | 2,59 | 53.242 | 27.899 | 52,4 | 25.343 | 47,6 | 1.321,88 | 72.891,92 | 21,11 | 0,35 | 5.912 | - | - | 5.912 | 100,00 | - | 7.189,61 | - | 0,82 |
| | São Caetano* | 25.793,62 | 9,29 | 35.274 | 27.079 | 76,77 | 8.195 | 23,23 | 1.078,22 | 38.029,78 | 25,11 | 0,22 | 33.001 | 25.708 | 77,90 | 7.293 | 22,10 | 1.019,15 | 24.774,47 | 25,22 | 0,29 |
| | Tacaimbó* | 13.914,55 | 5,01 | 12.725 | 7.085 | 55,68 | 5.640 | 44,32 | 553,98 | 22.652,02 | 12,79 | 0,25 | 11.371 | 6.521 | 57,35 | 4.850 | 42,65 | 534,13 | 13.380,42 | 12,21 | 0,36 |
| | Venturosa | 132,80 | 0,05 | 16.052 | 10.343 | 64,43 | 5.709 | 35,57 | 379,12 | 34.209,08 | 27,28 | 0,17 | 1.754 | - | - | 1.754 | 100,00 | - | 132,80 | - | 13,21 |
| Subtotal | | 277.795,54 | 100,00 | 912.696 | 723.409 | 79,26 | 189.287 | 20,74 | 49.974,01 | 726.851,19 | 14,48 | 0,26 | 600.639 | 502.508 | 83,66 | 98.131 | 16,34 | 31.568,77 | 246.226,77 | 15,92 | 0,40 |
| Total geral | | 343.880,22 | | 1.266.385 | 1.004.848 | | 261.537 | | 59.498,15 | 908.256,94 | 16,89 | 0,29 | 732.701 | 594.547 | | 138.154 | | 35.110,93 | 308.769,29 | 16,93 | 0,45 |

Nota: *municípios com sede na bacia.

Fonte: IBGE, Censo Demográfico 2010.



O município de Caruaru, apesar de ter a maior população entre os municípios que compõem a bacia, tem uma densidade de apenas 24,70 hab./ha, reflexo do espraiamento de sua área urbana, oriundo da abertura de novos loteamentos nas áreas mais afastadas do centro da cidade. Gravatá (3,45 hab./ha), Sairé (6,52 hab./ha), Riacho das Almas (8,02 hab./ha) e Chã Grande (9,00 hab./ha), respectivamente, são os municípios que possuem a menor densidade demográfica urbana. Nesses casos, as baixas densidades desses municípios ocorrem em virtude do superdimensionamento dos limites de suas áreas urbanas quando da elaboração do Plano Diretor de Desenvolvimento Municipal. A figura 5.6 apresenta a espacialização da densidade demográfica da BHRI.

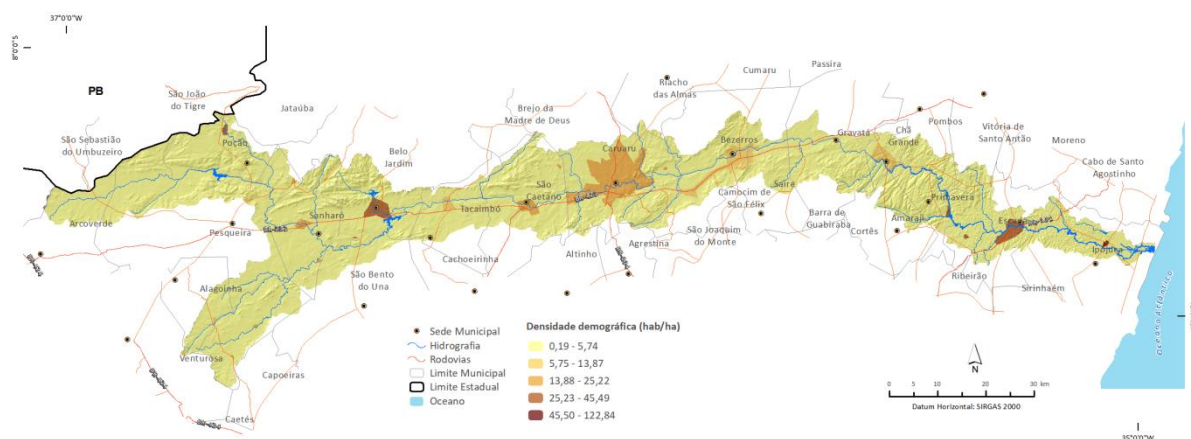


Figura 5.6: Densidade Demográfica da BHRI.

Fontes: DNIT - rodovias.

IBGE - limites municipais, estaduais e sedes municipais, Censo 2010

Governo de Pernambuco - Plano Hidroambiental - limite da bacia do rio Ipojuca.

Elaboração própria.

O clima e o relevo predominantes foram as variáveis fundamentais para a definição das macrozonas na BHRI, uma vez que, juntos, eles vêm ao longo dos anos direcionando o modo de vida da população que reside na bacia, de modo que, qualquer proposta de planejamento e ordenamento territorial deve levar em consideração esses dois aspectos. Nessa perspectiva, Melo (2012), em suas pesquisas ao tratar do tema, relata que à região pesquisada nesta tese, delimitada como macrozona Litorânea,

conjugam-se e combinam-se os elementos do meio natural uns com os outros e, em seu conjunto, com os fatores humanos para dar lugar à forma predominante e quase exclusiva de atividade baseada na planta que encontrou aqui as melhores condições para atender as suas exigências ecológicas: a cana-de-açúcar (MELO, 2012, p. 84).

Para o autor, “foi através dela ou em função dela que se estabeleceu o sistema regional de relações entre o homem e a terra com suas marcas impressivas e características na paisagem”. Clima quente e úmido, com o período seco, sabe-se que é o mais apropriado para atender às exigências da gramínea quanto ao seu desenvolvimento e riqueza em açúcar. O relevo colinoso oferecia à cana os terrenos enxutos das encostas suaves ou ladeiras e os terrenos úmidos das várzeas (MELO, 2012, p. 84). Além dessas características físico-ambientais propícias para a exploração da cana-de-açúcar, de acordo com Melo (2012), o fator “posição”, quando ele se refere à proximidade do mar, associado aos fatores naturais na região. Juntam-se a esses motivos regionais e de ordem geográfica os fatores de ordem histórica e econômica, atuantes, sobretudo, na época do início da colonização, para explicar que tivesse sido a cana-de-açúcar o elemento básico de ocupação da terra na área úmida do Nordeste brasileiro (em particular na macrozona Litorânea) e de consequente humanização da paisagem na região.

De modo oposto, na macrozona Agrestina fica evidente a mudança brusca de feições morfológicas, climáticas, fitogeográficas e das formas de uso e ocupação do solo em relação à macrozona Litorânea. Conforme apontado por Melo (2012), nessa macrozona não se percebe mais a suavidade dos morros da zona úmida, presente na macrozona Litorânea. Verifica-se, entretanto, um relevo eriçado, pedregoso e encostas frequentemente abruptas, onde a rocha viva aflora em toda parte, resultante dos altos contrastes climáticos. As figuras 5.7 e 5.8 apresentam um comparativo entre os as formas predominantes do relevo em ambas as macrozonas. Conforme já discutido no capítulo 3, essas características dão a impressão de se tratar de áreas sáfaras, incapazes de produzir algo. Pelo contrário, a agricultura de subsistência, a pecuária e ovinocaprinocultura são bastante presentes na região.



Figura 5.7: Suavidade dos morros predominantes na macrozona Litorânea, município de Primavera.
Fonte: Pesquisa de campo, 2018.



Figura 5.8: Relevo eriçado, pedregoso e encostas frequentemente abruptas predominantes na macrozona Agrestina, município de Bezerros.
Fonte: Pesquisa de campo, 2018.

Na bacia, as transformações no uso e ocupação do solo, provocadas pelas ações antrópicas ao longo do tempo, têm gerado grandes impactos nas paisagens. No período analisado nesta pesquisa (2000 a 2015), percebeu-se que as classes de uso e ocupação do solo passaram por grandes transformações, com a substituição gradativa das áreas de cobertura vegetal nativa, para dar lugar principalmente a agricultura, a pecuária, a ovinocaprinocultura e ao crescimento urbano, de forma que a paisagem predominante da bacia foi sendo paulatinamente substituída por uma paisagem cada vez mais degradada, heterogênea e fragmentada, produzido, assim, zonas e/ou unidades de paisagem com diferentes graus de modificação, classificadas nesta pesquisa como zonas: a) pouco modificadas; b) medianamente modificadas; c) altamente modificadas; e d) completamente modificadas. As figuras 5.9 e 5.10, nesta ordem, apresentam a distribuição percentual e espacial dessas zonas na BHRI. Já o quadro 5.1 elenca os critérios e as características estabelecidas para a definição das zonas e seus diferentes graus de modificação com base no uso e ocupação do solo.

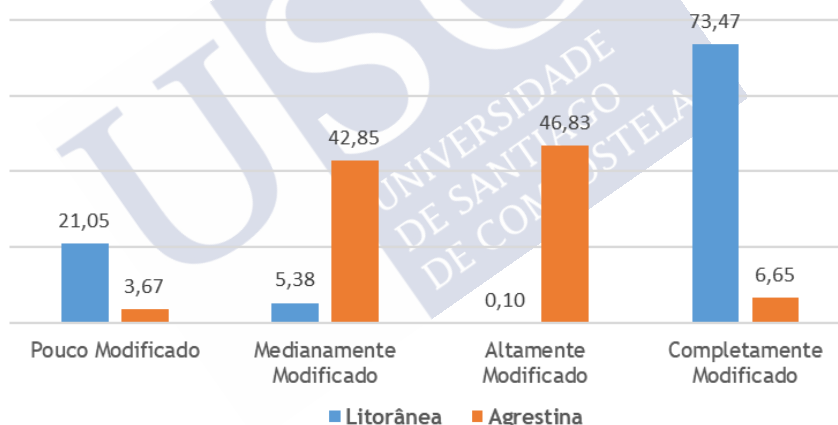


Figura 5.9: Distribuição das zonas na BHRI (%).
Fonte: Elaboração própria.



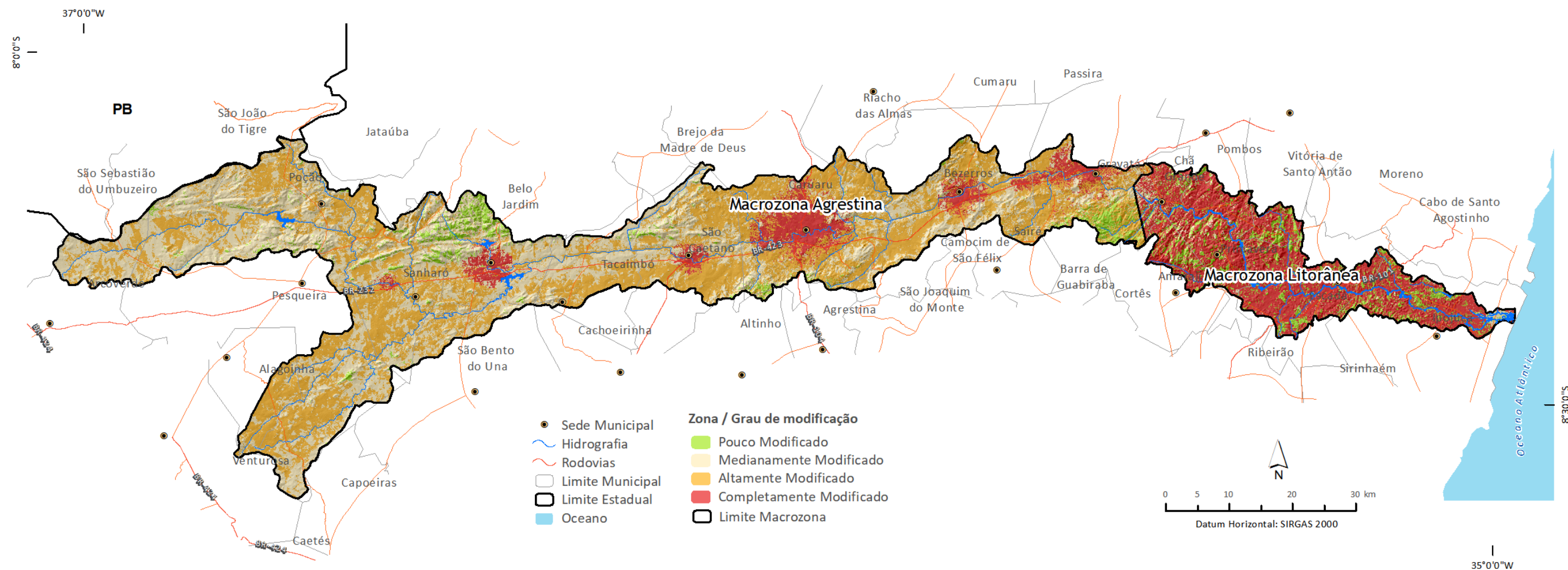


Figura 5.10: Espacialização do zoneamento proposto para a BHRI, levando em consideração os diferentes graus de modificação.

Fontes: DNIT - rodovias.

IBGE - limites municipais, estaduais e sedes municipais.

Governo de Pernambuco - Plano Hidroambiental - limite da bacia do rio Ipojuca.

NASA, Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) - relevo.



Quadro 5.1: Critérios estabelecidos para a definição das zonas e seus e seus diferentes graus de modificação.

| Zona/Grau de modificação | Padrão predominante de uso e ocupação do solo | Características |
|---------------------------------|--|---|
| Completamente modificado | Infraestrutura urbana/Agroindústria da cana-de-açúcar | Os critérios estabelecidos para definição das zonas classificadas como completamente modificadas foram aqueles onde as áreas sofreram ao longo do tempo os efeitos ambientais considerados negativos ou adversos. Estes decorreram principalmente de atividades ou intervenções humanas como o intenso processo de urbanização bem como as intervenções em áreas de vegetação nativa, extintas parcialmente ou totalmente para dar lugar a agricultura intensiva, como é o caso da agroindústria da cana-de-açúcar na macrozona Litorânea. Os principais efeitos decorrentes desses processos foram: modificações na topografia, desencadeamento de processos erosivos, canalizações de rios, poluição hídrica e impermeabilização do solo. |
| Altamente modificado | Agricultura ou pastagem e pastagem | As zonas altamente modificadas são aquelas áreas que sofreram ao longo dos anos grandes processos de modificação, onde hoje em dia apenas uma pequena parte da paisagem natural está preservada. Nessas áreas, percebe-se o predomínio da agropecuária como atividade determinante para a formação da paisagem local. |
| Medianamente modificado | Vegetação campestre (campos)/Floresta aberta/Manguezal | As zonas medianamente modificadas são aquelas que, mesmo sob pressão antrópica, conservam parte significativa de suas características originais, resultando em ambientes parcialmente preservados, assim como em áreas em diferentes etapas do processo de recuperação. |
| Pouco modificado | Floresta densa | As zonas pouco modificadas são aquelas cuja conservação das suas características originais é predominante ou são zonas integralmente preservadas, incluindo aí as áreas protegidas por força da legislação vigente. |

Fonte: Elaboração própria.

5.1.1 Zonas Completamente Modificadas

As zonas completamente modificadas somadas – caracterizadas pela infraestrutura urbana e a agroindústria da cana-de-açúcar – representam 19,49% da área da bacia, com aproximadamente 67.030,09 ha. Desse total, 73,47% e 6,65%, estão respectivamente distribuídos nas macrozonas Litorânea e Agrestina (tabela 5.2).

A cana-de-açúcar ocupa cerca de 71,86% da macrozona Litorânea, com aproximadamente 47.490,08 ha de cultivo, sendo o principal agente gerador de impactos ambientais. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA), as plantações de cana-de-açúcar ocupam cerca de 30% das terras do estado de Pernambuco, sendo responsáveis pela destruição da cobertura vegetal nativa e contaminação dos cursos d'água (MMA, 2008). Na BHRI, durante as pesquisas de campo, foram identificados diversos impactos ambientais provocados por essa atividade, a exemplo de plantações de cana-de-açúcar em algumas regiões da bacia que não estavam respeitando a preservação da reserva legal e matas ciliares nos leitos dos rios. Ao se analisar as figuras 5.11, 5.12 e 5.13, nota-se, ao fundo e nas margens do rio Ipojuca, a presença de canaviais sem respeitar as APPs, bem como o processo de erosão em atividade provocado pela ausência da mata ciliar.



Figura 5.11: Leito do rio Ipojuca, com a presença de processo erosivo e ausência da mata ciliar.
Fonte: Pesquisa de campo, 2018.



Figura 5.12: Paisagem predominante da plantação de cana-de-açúcar nos vales do rio Ipojuca.
Fonte: Pesquisa de campo, 2018.



Figura 5.13: Paisagem predominante da plantação de cana-de-açúcar, com a presença de pequenos resquícios de cobertura vegetal.

Fonte: Pesquisa de campo, 2018.

Os municípios de Escada e Ipojuca são os que mais contribuem para que esses impactos ocorram, tendo em vista que, juntos, ambos somam 38,59% da macrozona, seguidos dos municípios de Primavera (9,92%) e Pombos (8,14%).





Tabela 5.2: Abrangência das macrozonas/zonas, conforme graus de modificação, por municípios e classes de uso e ocupação do solo na BHRI.

| Macrozonas | Zona/Grau de modificação | Classe | Município | Área na bacia/ Macrozona (ha) | % na macrozona | % na bacia |
|---------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------|----------------------------------|----------------|------------|
| Macrozona Litorânea | Completamente modificado | Cana-de-açúcar | Amaraji | 3.831,38 | 5,80 | 1,11 |
| | | | Chã Grande | 3.561,08 | 5,39 | 1,04 |
| | | | Escada | 15.428,87 | 23,35 | 4,49 |
| | | | Ipojuca | 10.069,05 | 15,24 | 2,93 |
| | | | Pombos | 5.379,86 | 8,14 | 1,56 |
| | | | Primavera | 6.558,59 | 9,92 | 1,91 |
| | | | Vitória de Santo Antão | 2.661,25 | 4,03 | 0,77 |
| | | Subtotal | | 47.490,08 | 71,86 | 13,81 |
| | | Infraestrutura urbana | Chã Grande | 227,65 | 0,34 | 0,07 |
| | | | Escada | 439,21 | 0,66 | 0,13 |
| | | | Ipojuca | 355,79 | 0,54 | 0,10 |
| | | | Pombos | 0,18 | 0,00 | 0,00 |
| | | | Primavera | 38,93 | 0,00 | 0,01 |
| | | Subtotal | | 1.061,76 | 1,91 | 0,31 |
| | Altamente modificado | Pastagem | Chã Grande | 58,08 | 0,09 | 0,06 |
| | | | Escada | 4,97 | 0,01 | 1,61 |
| | | | Pombos | 5,15 | 0,01 | 0,00 |
| | Subtotal | | 68,20 | 0,10 | 0,02 | |
| | Medianamente Modificado | Corpos d'água | Amaraji | 6,74 | 0,01 | 0,00 |
| | | | Chã Grande | 2,66 | 0,00 | 0,00 |
| | | | Escada | 7,72 | 0,01 | 0,00 |
| | | | Ipojuca | 203,75 | 0,31 | 0,06 |
| | | | Pombos | 20,24 | 0,03 | 0,01 |
| | | | Primavera | 1,07 | 0,00 | 0,00 |
| | | | Subtotal | | 242,18 | 0,37 |
| | | Floresta aberta | Amaraji | 286,61 | 0,43 | 0,08 |
| | | | Chã Grande | 928,9 | 1,41 | 0,27 |
| | | | Escada | 301,31 | 0,46 | 0,09 |
| | | | Ipojuca | 300,52 | 0,45 | 0,09 |
| | | | Pombos | 337,05 | 0,51 | 0,10 |
| | | | Primavera | 534,1 | 0,81 | 0,16 |
| | | | Vitória de Santo Antão | 92,85 | 0,14 | 0,03 |
| | | Subtotal | | 2.781,34 | 4,21 | 0,81 |
| | | Mangue | Ipojuca | 516,38 | 0,78 | 0,15 |
| | | Praias e dunas | Ipojuca | 11,63 | 0,02 | 0,00 |
| | | Subtotal | | 528,01 | 0,80 | 0,15 |
| | | Vegetação campestre (campos) | Escada | 4,35 | 0,01 | 0,00 |
| | | | Ipojuca | 0,44 | 0,00 | 0,00 |
| | | | Vitória de Santo Antão | 0,62 | 0,00 | 0,00 |
| | | | Subtotal | | 5,41 | 0,01 |
| | Pouco modificado | Floresta densa | Amaraji | 1.615,89 | 2,45 | 0,47 |
| | | | Chã Grande | 961,78 | 1,46 | 0,28 |
| | | | Escada | 3.518,58 | 5,32 | 1,02 |
| | | | Ipojuca | 3.619,25 | 5,48 | 1,05 |
| | | | Pombos | 860,16 | 1,30 | 0,25 |
| | | | Primavera | 1.895,09 | 2,87 | 0,55 |
| | | | Vitória de Santo Antão | 1.436,95 | 2,17 | 0,42 |
| | | Subtotal | | 13.907,70 | 21,05 | 4,04 |
| | Total macrozona Litorânea | | | 66.084,68 | 100,00 | 19,22 |
| Macrozona Agrestina | Completamente modificado | Infraestrutura urbana | Belo Jardim | 2.499,21 | 0,90 | 0,73 |
| | | | Bezerros | 2.029,92 | 0,73 | 0,59 |
| | | | Caruaru | 8.645,71 | 3,11 | 2,51 |
| | | | Gravatá | 3.170,16 | 1,14 | 0,92 |
| | | | Sairé | 610,38 | 0,22 | 0,18 |
| | | | Sanharó | 360,79 | 0,13 | 0,10 |
| | | | São Caetano | 1.162,08 | 0,42 | 0,34 |
| | | Subtotal | | 18.478,25 | 6,65 | 5,37 |
| | Altamente modificado | Agricultura ou pastagem | Agrestina | 26,33 | 0,01 | 0,01 |
| | | | Alagoinha | 981,92 | 0,35 | 0,29 |
| | | | Altinho | 55,36 | 0,02 | 0,02 |
| | | | Arcoverde | 439,6 | 0,16 | 0,13 |
| | | | Belo Jardim | 3.536,94 | 1,27 | 1,03 |
| | | | Bezerros | 5.876,21 | 2,12 | 1,71 |
| | | | Cachoeirinha | 29,46 | 0,01 | 0,01 |
| | | | Caruaru | 8.752,66 | 3,15 | 2,55 |
| | | | Gravatá | 6.842,28 | 2,46 | 1,99 |
| | | | Pesqueira | 6.557,78 | 2,36 | 1,91 |
| | | | Poção | 2.860,87 | 1,03 | 0,83 |
| | | | Riacho das Almas | 484,48 | 0,17 | 0,14 |
| | | | Sairé | 1.966,41 | 0,71 | 0,57 |
| | | | Sanharó | 4.203,14 | 1,51 | 1,22 |
| | | | São Bento do Una | 1.871,33 | 0,67 | 0,54 |
| | | | São Caetano | 3.079,02 | 1,11 | 0,90 |
| | | | Tacaimbó | 4.476,72 | 1,61 | 1,30 |
| | | | Venturosa | 24,33 | 0,01 | 0,01 |
| | | Subtotal | | 52.064,84 | 18,74 | 15,14 |
| | | Pastagem | Alagoinha | 3.909,42 | 1,41 | 1,14 |
| | | | Altinho | 0,98 | 0,00 | 0,00 |
| | | | Arcoverde | 2.649,98 | 0,95 | 0,77 |
| | | | Belo Jardim | 1.616,77 | 0,58 | 0,47 |
| | | | Bezerros | 6.374,89 | 2,29 | 1,85 |
| | | | Caruaru | 12.484,26 | 4,49 | 3,63 |
| | | | Gravatá | 3.352,15 | 1,21 | 0,97 |

Tabela 5.2: Abrangência das macrozonas/zonas, conforme graus de modificação, por municípios e classes de uso e ocupação do solo na BHRI.

| Macrozonas | Zona/Grau de modificação | Classe | Município | Área na bacia/ Macrozona (ha) | % na macrozona | % na bacia | |
|---------------------------|--------------------------|------------------------------|------------------|----------------------------------|----------------|------------|------|
| | | | Pesqueira | 18.931,33 | 6,81 | 5,51 | |
| | | | Poção | 4.604,98 | 1,66 | 1,34 | |
| | | | Riacho das Almas | 290,74 | 0,10 | 0,08 | |
| | | | Sairé | 2.075,28 | 0,75 | 0,60 | |
| | | | Sanharó | 8.161,03 | 2,94 | 2,37 | |
| | | | São Bento do Una | 1.484,35 | 0,53 | 0,43 | |
| | | | São Caetano | 10.196,13 | 3,67 | 2,97 | |
| | | | Tacaimbó | 1.842,68 | 0,66 | 0,54 | |
| | | | Venturosa | 48,91 | 0,02 | 0,01 | |
| | | Subtotal | 78.023,88 | 28,09 | 22,69 | | |
| | Medianamente modificado | Corpos d'água | Agrestina | 0,06 | 0,00 | 0,00 | |
| | | | Alagoinha | 0,44 | 0,00 | 0,00 | |
| | | | Belo Jardim | 198,08 | 0,07 | 0,06 | |
| | | | Caruaru | 55,61 | 0,02 | 0,02 | |
| | | | Gravatá | 15,97 | 0,01 | 0,00 | |
| | | | Pesqueira | 55,24 | 0,02 | 0,02 | |
| | | | Poção | 35,89 | 0,01 | 0,01 | |
| | | | Sanharó | 10,63 | 0,00 | 0,00 | |
| | | | São Bento do Una | 0,44 | 0,00 | 0,00 | |
| | | | São Caetano | 18,7 | 0,01 | 0,01 | |
| | | | Tacaimbó | 1,6 | 0,00 | 0,00 | |
| | | Subtotal | 392,66 | 0,14 | 0,11 | | |
| | | Floresta aberta | Agrestina | 7,48 | 0,00 | 0,00 | |
| | | | Alagoinha | 880,28 | 0,32 | 0,26 | |
| | | | Altinho | 104,78 | 0,04 | 0,03 | |
| | | | Arcoverde | 6.424,19 | 2,31 | 1,87 | |
| | | | Belo Jardim | 11.507,38 | 4,14 | 3,35 | |
| | | | Bezerros | 6.273,47 | 2,26 | 1,82 | |
| | | | Cachoeirinha | 131,56 | 0,05 | 0,04 | |
| | | | Caruaru | 7.707,34 | 2,77 | 2,24 | |
| | | | Gravatá | 3.453,88 | 1,24 | 1,00 | |
| | | | Pesqueira | 28.569,69 | 10,28 | 8,31 | |
| | | | Poção | 9.396,30 | 3,38 | 2,73 | |
| | | | Riacho das Almas | 128,43 | 0,05 | 0,04 | |
| | | | Sairé | 2.702,71 | 0,97 | 0,79 | |
| | | | Sanharó | 9.630,41 | 3,47 | 2,80 | |
| | | | São Bento do Una | 2.689,33 | 0,97 | 0,78 | |
| | | | São Caetano | 9.724,31 | 3,50 | 2,83 | |
| | | | Tacaimbó | 6.282,77 | 2,26 | 1,83 | |
| | | | Venturosa | 33,26 | 0,01 | 0,01 | |
| | | | Subtotal | 105.647,57 | 38,03 | 30,72 | |
| | | Vegetação campestre (campos) | Alagoinha | 506,45 | 0,18 | 0,15 | |
| | | | Arcoverde | 234,66 | 0,08 | 0,07 | |
| | | | Belo Jardim | 1.299,92 | 0,47 | 0,38 | |
| | | | Bezerros | 460,75 | 0,17 | 0,13 | |
| | | | Cachoeirinha | 10,58 | 0,00 | 0,00 | |
| | | | Caruaru | 573,96 | 0,21 | 0,17 | |
| | | | Gravatá | 217,48 | 0,08 | 0,06 | |
| | | | Pesqueira | 3.886,95 | 1,40 | 1,13 | |
| | | | Poção | 1.116,04 | 0,40 | 0,32 | |
| | | | Riacho das Almas | 1,69 | 0,00 | 0,00 | |
| | | | Sairé | 78,89 | 0,03 | 0,02 | |
| | | | Sanharó | 1.190,04 | 0,43 | 0,35 | |
| | | | São Bento do Una | 1.117,06 | 0,40 | 0,32 | |
| | | | São Caetano | 1.031,56 | 0,37 | 0,30 | |
| | | | Tacaimbó | 1.236,18 | 0,44 | 0,36 | |
| | | | Venturosa | 26,3 | 0,01 | 0,01 | |
| | | | Subtotal | 12.988,51 | 4,68 | 3,78 | |
| | | Pouco modificado | Floresta densa | Agrestina | 6,39 | 0,00 | 0,00 |
| | | | | Alagoinha | 3,01 | 0,00 | 0,00 |
| | Altinho | | | 143,18 | 0,05 | 0,04 | |
| | Arcoverde | | | 23,96 | 0,01 | 0,01 | |
| | Belo Jardim | | | 3.400,29 | 1,22 | 0,99 | |
| | Bezerros | | | 157,69 | 0,06 | 0,05 | |
| | Cachoeirinha | | | 1,24 | 0,00 | 0,00 | |
| | Caruaru | | | 596,05 | 0,21 | 0,17 | |
| | Gravatá | | | 2.584,15 | 0,93 | 0,75 | |
| | Pesqueira | | | 1.074,47 | 0,39 | 0,31 | |
| | Poção | | | 302,26 | 0,11 | 0,09 | |
| | Riacho das Almas | | | 1,33 | 0,00 | 0,00 | |
| | Sairé | | | 34,06 | 0,01 | 0,01 | |
| | Sanharó | | | 1.188,23 | 0,43 | 0,35 | |
| | São Bento do Una | | | 27,09 | 0,01 | 0,01 | |
| | São Caetano | | | 581,82 | 0,21 | 0,17 | |
| | Tacaimbó | | | 74,61 | 0,03 | 0,02 | |
| | Subtotal | | | 10.199,83 | 3,67 | 2,97 | |
| Total macrozona Agrestina | | | | 277.795,54 | 100,00 | 80,78 | |
| Total geral BHRI | | | | 343.880,22 | | 100,00 | |

Fonte: Elaboração própria.

Ainda no contexto das zonas completamente modificadas, a infraestrutura urbana, apesar de ocupar uma área relativamente pequena em relação à bacia, promove significativos impactos ao meio ambiente. Na BHRI, de acordo com os dados de uso e ocupação do solo, esses ambientes representam cerca de 8,26% apenas, sendo 1,61% na macrozona Litorânea e 6,65% na macrozona Agrestina. Ainda assim, a ocupação urbana contribui significativamente para a criação de zonas completamente modificadas, com a transformação do ambiente natural em ambientes construídos. Em geral, os problemas ambientais oriundos dessa transformação se manifestam de forma mais visível nas maiores cidades.

Nesses centros urbanos, há problemas ambientais de diversas ordens e que produzem inúmeras consequências, sob todos os aspectos, na fauna, na flora, no relevo, no clima e nos recursos hídricos. Ao se observar as figuras de 5.14 a 5.19, nota-se os impactos e as transformações ocorridas do ambiente natural para um ambiente modificado, provocados pela ocupação irregular às margens do rio Ipojuca, nos municípios de Caruaru, Belo Jardim, Bezerros, Gravatá e Ipojuca, como reflexo da expansão urbana desordenada.



Figura 5.14: Degradação do rio Ipojuca provocada pela ocupação irregular e descartes inadequados de dejetos, município de Caruaru.
Fonte: Pesquisa de campo, 2018.



Figura 5.15: Degradação do rio Ipojuca provocada pelo assoreamento, ocupação irregular e descartes inadequados de resíduos sólidos, município de Belo Jardim.
Fonte: Pesquisa de campo, 2017.



Figura 5.16: Processo de eutrofização do rio Ipojuca provocado pelo aumento de nutrientes em virtude do lançamento na água de produtos resultantes de atividades industriais e agropecuárias, bem como esgoto doméstico, município de Belo Jardim.
Fonte: Pesquisa de campo, 2018.



Figura 5.17: Processo de eutrofização do rio Ipojuca provocado pelo aumento de nutrientes em virtude do lançamento na água de produtos resultantes de atividades industriais e agropecuárias, bem como esgoto doméstico, município de Bezerros.
Fonte: Pesquisa de campo, 2018.



Figura 5.18: Urbanização irregular e processo de eutrofização avançada provocado pelo aumento de nutrientes em virtude do lançamento na água de produtos resultantes de atividades industriais e agropecuárias, bem como esgoto doméstico, município de Gravatá.
Fonte: Pesquisa de campo, 2018.



Figura 5.19: Urbanização irregular em encostas com declividade acima de 45°, município de Ipojuca.
Fonte: Pesquisa de campo, 2018.

5.1.2 Zonas Altamente Modificadas

As zonas consideradas altamente modificadas (quadro 5.1) são aquelas classificadas no estudo de uso de ocupação do solo como agricultura ou pastagem e pastagem, cuja interferência no meio natural deixou apenas uma pequena parte da paisagem natural preservada. Essas zonas representam aproximadamente 22,71% da área da bacia, com 78.092,08 ha. Desse total, 78.023,88 ha (99,9%) estão localizados na macrozona Agrestina. As figuras 5.20 e 5.21 representam as características principais dessas zonas.



Figura 5.20: Características das zonas altamente modificadas pela atividade agrícola de subsistência, município de Primavera.
Fonte: Pesquisa de campo, 2018.

Nessa zona, a presença marcante de culturas de subsistência e atividades rurais diversificadas são as principais características da utilização do recurso natural agrestino (MELO, 2012). Nela, em grande parte das propriedades rurais, a agricultura é realizada de forma tradicional e extensiva, onde as pequenas propriedades de subsistência, nas quais a mão de obra comumente é familiar, não utilizam tecnologias. A preparação do solo geralmente é feita com o arado de tração de bois ou cavalos, com baixo ou nenhum nível tecnológico, implicando em baixa produtividade, o que dificulta a competição por mercados em grandes escalas.

De maneira oposta à macrozona Litorânea, onde se vê a hegemonia da cana-de-açúcar dominando a fisionomia da paisagem e a utilização de insumos tecnológicos, nas zonas altamente modificadas da macrozona Agrestina percebe-se uma variação de cultivos como o milho, o feijão, a mandioca, o amendoim, além da pecuária, de modo que nenhuma atividade domine ou subordine as demais.

Para Melo (2012),

distingue-se o Agreste da zona úmida monocultora e canaveira e da zona mais uniformemente seca dos amplos sertões da pecuária por ser sobretudo uma área policultora. Por outro lado, todavia, gradações e diversificações das atividades humanas aparecem com tal frequência que, elas próprias, em sua variabilidade, constituem um dos característicos da área agrestina (MELO, 2012, p. 112).

Contudo, conforme afirmado por Melo (2012, p. 112), “terão algumas dessas atividades suas zonas de preferência, mas em seu maior número umas coexistem com as outras em toda a região”. Para o autor, o gado, o feijão e o milho são as atividades que, em tese, mais se espalham e se combinam na quase totalidade dos municípios que compõem as zonas altamente modificadas. Já a mandioca, o café e o tomate são culturas que, ao invés de se espalharem, são cultivadas preferencialmente em áreas específicas. O tomate, por exemplo, se concentra no município de Pesqueira; o café adensa-se nos brejos dos municípios de Bezerros e Caruaru; e a mandioca se concentra nos municípios localizados nas áreas de transição entre as macrozonas Agrestina e Litorânea.

As áreas maiores e mais hostis, que sobram da ação seletiva dos solos realizada pela agricultura, são destinadas ao pastoreio extensivo (figura 5.21), onde cercas muito longas são construídas para isolar o gado das terras cultivadas (MELO, 2012).



Figura 5.21: Características das zonas altamente modificadas pela pecuária extensiva, município de Bezerros.
Fonte: Pesquisa de campo, 2017.

Nessa zona, a cobertura vegetal nativa é pobre, em virtude dos impactos ambientais sofridos pelas ações antrópicas ao longo dos anos, de forma que “*quase não há gramíneas, pois a insuficiência do período chuvoso não permite sua formação. Assim, é nas árvores e trepadeiras que o gado encontra seu alimento*” (VASCONCELOS SOBRINHO, 1949 *apud* MELO, 2012, p. 117). Outra prática que contribui para o alto grau de modificação dessa zona é o deslocamento do gado, imposto pelo clima, quando os rebanhos são transferidos no “verão” para outros pastos em regiões mais úmidas e que não estão sendo ocupados pelas lavouras de ciclo curto. Melo (2012) destaca ainda que

o rudimentarismo dos processos agrícolas com as queimadas e rotação de terras dilapida os solos e está muito longe das práticas de associação de lavoura com o criatório. Tudo isso ajuda a compreender porque o Agreste, embora conserve (...), sua função de zona fornecedora de produtos alimentares, vem dando mostra de não mais suportar os aumentos demográficos que tem tido (MELO, 2012, p. 118).

Cabe ressaltar que, na visão de Melo (2012), a agricultura e a pecuária nessas áreas coexistem mas não se associam, e assim esse fato vem aumentando significativamente as áreas com alto grau de modificação na bacia, com a substituição da cobertura vegetal nativa para dar lugar a essas atividades. Para o autor, elas existem lado a lado, mas quase sem se auxiliarem mutuamente.

5.1.3 Zonas Pouco e Medianamente Modificadas

Conforme indicado no quadro 5.1, as zonas medianamente modificadas propostas nesta pesquisa são aquelas áreas que, mesmo sob pressão antrópica, conservam parte significativa de suas características originais, resultando em ambientes parcialmente preservados, bem como áreas em diferentes estágios do processo de recuperação. Já as zonas pouco modificadas são constituídas pelos ambientes cuja conservação de suas características originais é predominante, incluindo aí as áreas protegidas por força da legislação vigente. Juntas, essas duas zonas somam cerca de 42,65% da área da bacia, com aproximadamente 146.693,21 ha.

No âmbito das macrozonas, as zonas medianamente modificadas e as pouco modificadas abrangem na macrozona Litorânea um percentual de sua área de 5,3% e 21,05%, respectivamente. Já na macrozona Agrestina, esse cenário se inverte totalmente, uma vez que o percentual de ocorrências para as zonas medianamente modificadas chega a 42,8% e 3,67% para as zonas pouco modificadas. Diante desse cenário, pode-se inferir que, em algumas áreas da macrozona Litorânea, as zonas pouco modificadas são aquelas áreas onde, em sua maioria, incidem as restrições de uso e ocupação do solo impostas pelo Novo Código Florestal Brasileiro (Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012) aos grandes latifundiários e produtores de cana-de-açúcar. O código estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação e obriga esses proprietários de terras a preservarem no mínimo 20% (no caso do Nordeste brasileiro) da cobertura vegetal em suas propriedades, além dos topos de morros, montes, montanhas e serras, sob pena de não terem suas terras licenciadas para desenvolverem atividades econômicas. O reflexo da observância a essa legislação por parte dos produtores de cana-de-açúcar pode ser

notado a partir da distribuição espacial das ocorrências dos fragmentos florestais entre os canaviais (figuras 5.10, 5.22, 5.23 e 5.24) em toda a área que compõe a macrozona Litorânea.



Figura 5.22: Fragmentos florestais que compõem a zona pouco modificada entre os canaviais na macrozona Litorânea.

Fonte: Pesquisa de campo, 2018.



Figura 5.23: Fragmentos florestais que compõem a zona pouco modificada entre os canaviais na macrozona Litorânea.

Fonte: Pesquisa de campo, 2018.



Figura 5.24: Fragmentos florestais que compõem a zona pouco modificada. Cachoeira do Urubu, município de Primavera.

Fonte: Pesquisa de campo, 2018.

Na macrozona Agrestina, os arranjos formados pelos fragmentos florestais caracterizados pelas zonas pouco modificadas (3,67%) estão distribuídos principalmente nos divisores de água da BHRI (figura 5.10). Ao se observar a figura 5.25, percebe-se, ao fundo da área urbana do município de Belo Jardim, a ocorrência desses fragmentos florestais nos divisores de água da serra do Vento.



Figura 5.25: Vista das zonas pouco modificadas nos divisores de água da BHRI, município de Belo Jardim.
Fonte: Disponível em: <http://camarabelojardim.pe.gov.br/wp/municipio/>. Acessado em: 20 mar. 2020.

Juntas, as zonas medianamente modificadas e altamente modificadas somam 89,6% das áreas classificadas da macrozona Agrestina e 72,4% da BHRI e está distribuída principalmente nos vales dos rios que compõem a bacia. Conforme discutido no item anterior, esses altos índices são reflexos dos tipos de atividades exercidas pela população dessa macrozona.

A figura 5.26 apresenta a paisagem característica de uma área de transição entre as zonas pouco, medianamente e altamente modificadas.



Figura 5.26: Vista das zonas pouco modificadas nos divisores de água da BHRI, município de Belo Jardim.
Fonte: Pesquisa de campo, 2018.

5.2 PROPOSTAS DE AÇÕES A SEREM CONSIDERADAS QUANDO DA ELABORAÇÃO DE PLANOS DE PLANEJAMENTO E ORDENAMENTO TERRITORIAL PARA A BRHI

O zoneamento adotado para a BHRI se mostrou um importante instrumento para o entendimento das relações socioespaciais do seu território e um ponto de partida fundamental na indicação de sugestões a serem implementadas na forma de ações norteadoras para futuras políticas e/ou atividades de planejamento e ordenamento territorial para a bacia. Do mesmo modo, possibilitou uma aproximação mais de perto da realidade, com base na sua caracterização em diferentes escalas de abordagem, tendo como referência as categorias de macrozonas e suas respectivas zonas, o que permitiu um outro olhar sobre os aspectos dos diferentes graus de modificação da bacia. Consistiu num passo fundamental para a gestão territorial, de modo a tornar funcionais as ações de manejo e conservação a serem propostas.

Os indicadores ora apresentados nas diferentes escalas, sejam eles a nível de macrozonas ou zonas (tabela 5.2 e 5.3), revelaram realidades preocupantes para BHRI, uma vez que cerca de 57,34% do seu território está situado nas zonas com os níveis entre alto a completamente modificado, reflexo das atividades antrópicas ao longo dos anos que não levaram em consideração as vulnerabilidades/fragilidades dos sistemas ambientais que compõem a paisagem da bacia, demandando, assim, a implementação e fiscalização de políticas de regulação do uso e ocupação do solo, considerando os condicionantes ambientais, legais e as características peculiares de cada zona. Esses dados revelam-se ainda mais preocupantes quando somados às áreas com graus médios de modificação, alcançando cerca de 93% da área da bacia. Observados a partir do contexto de cada macrozona, os índices (somados) chegam a 78,95% na macrozona Litorânea e 96,32% na macrozona Agrestina.

Tabela 5.3: Abrangência espacial das macrozonas/zonas, conforme seus graus de modificação na BHRI.

| Macrozonas | Zona/Grau de modificação | Área na bacia (ha) | % na macrozona | % na bacia |
|---------------------|--------------------------|--------------------|----------------|------------|
| Macrozona Litorânea | Pouco modificado | 13.907,69 | 21,05 | 4,04 |
| | Medianamente modificado | 3.556,95 | 5,38 | 1,03 |
| | Altamente modificado | 68,20 | 0,10 | 0,02 |
| | Completamente modificado | 48.551,83 | 73,47 | 14,12 |
| Subtotal | | 66.084,67 | 100 | 19,22 |
| Macrozona Agrestina | Pouco modificado | 10.199,82 | 3,67 | 2,97 |
| | Medianamente modificado | 119.028,74 | 42,85 | 34,61 |
| | Altamente modificado | 130.088,73 | 46,83 | 37,83 |
| | Completamente modificado | 18.478,25 | 6,65 | 5,37 |

Tabela 5.3: Abrangência espacial das macrozonas/zonas, conforme seus graus de modificação na BHRI.

| Macrozonas | Zona/Grau de modificação | Área na bacia (ha) | % na macrozona | % na bacia |
|------------|--------------------------|--------------------|----------------|------------|
| | Subtotal | 277.795,54 | 100 | 80,78 |
| | Total BHRI | 343.880,22 | | 100 |

Fonte: Elaboração própria.

Todavia, há que se ressaltar que nas atividades de planejamento e ordenamento territorial em bacias hidrográficas, além de identificar as zonas com base em seus diferentes graus de modificação, é essencial levar em consideração a vulnerabilidade/fragilidade dos sistemas ambientais presentes nessas zonas. De acordo com Leal *et al.*, (2019), essas ações visam à identificação de áreas que demandam maior proteção ou que apresentem maiores restrições e, sobretudo, as que necessitem de ações diferenciadas para a gestão por parte dos órgãos tomadores de decisão, tendo em vista a proposição de estudos integrados e a implementação de políticas de planejamento e ordenamento territorial. A tabela 5.4 apresenta a correlação entre as diferentes classes de vulnerabilidade da bacia, abordadas no capítulo 4 desta tese e sua ocorrência nas macrozonas e nas zonas propostas neste capítulo, com o intuito de melhor direcionar ações de planejamento e ordenamento territorial para a BHRI.

Tabela 5.4: Correlação entre as diferentes classes de vulnerabilidade e sua ocorrência nas macrozonas e nas zonas da BHRI.

| Macrozonas | Zonas/Grau de modificação | Classes de vulnerabilidade | Área (ha) | % na macrozona | % na bacia |
|---------------------|------------------------------|---------------------------------|-----------|----------------|------------|
| Macrozona Litorânea | Pouco modificado | Moderadamente vulnerável | 10,81 | 0,02 | 0,00 |
| | | Medianamente estável/Vulnerável | 6.595,03 | 9,98 | 1,92 |
| | | Moderadamente estável | 7.202,73 | 10,90 | 2,09 |
| | | Estável | 99,13 | 0,15 | 0,03 |
| | Medianamente modificado | Moderadamente vulnerável | 9,89 | 0,01 | 0,00 |
| | | Medianamente estável/Vulnerável | 2.307,39 | 3,49 | 0,67 |
| | | Moderadamente estável | 1.205,67 | 1,82 | 0,35 |
| | | Estável | 34,00 | 0,05 | 0,01 |
| | Completamente modificado | Moderadamente vulnerável | 1.280,86 | 1,94 | 0,37 |
| | | Medianamente estável/Vulnerável | 40.215,69 | 60,85 | 11,69 |
| | | Moderadamente estável | 7.055,28 | 10,68 | 2,05 |
| | Altamente modificado | Medianamente estável/Vulnerável | 58,34 | 0,09 | 0,02 |
| | | Moderadamente estável | 9,86 | 0,01 | 0,00 |
| Macrozona Agrestina | Total na macrozona Litorânea | | 66.084,68 | 100,00 | 19,22 |
| | Pouco Modificado | Medianamente estável/Vulnerável | 10.153,66 | 3,66 | 2,95 |
| | | Estável | 46,16 | 0,02 | 0,01 |

Tabela 5.4: Correlação entre as diferentes classes de vulnerabilidade e sua ocorrência nas macrozonas e nas zonas da BHRI.

| Macrozonas | Zonas/Grau de modificação | Classes de vulnerabilidade | Área (ha) | % na macrozona | % na bacia |
|------------|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------|----------------|---------------|
| | Medianamente Modificado | Medianamente estável/Vulnerável | 56.207,68 | 20,23 | 16,35 |
| | | Moderadamente estável | 62.529,11 | 22,51 | 18,18 |
| | | Estável | 291,95 | 0,11 | 0,08 |
| | Altamente Modificado | Medianamente estável/Vulnerável | 93.459,19 | 33,64 | 27,18 |
| | | Moderadamente estável | 36.629,54 | 13,19 | 10,65 |
| | Completamente Modificado | Medianamente estável/Vulnerável | 10.955,84 | 3,94 | 3,19 |
| | | Moderadamente estável | 7.522,41 | 2,71 | 2,19 |
| | Total na macrozona Agrestina | | 277.795,54 | 100,00 | 80,78 |
| | Total geral na BHRI | | 343.880,22 | | 100,00 |

Fonte: Elaboração própria.

Na macrozona Litorânea, as áreas cuja classe de vulnerabilidade está identificada como moderadamente vulnerável, ocupam apenas 1,97% da macrozona, com 1.301,55 ha, e estão distribuídas nas zonas: pouco modificado (0,02%); medianamente modificado (0,01%); e completamente modificado (1,94%). Contudo, é importante ressaltar que essas áreas podem aumentar significativamente, caso as ações de planejamento e ordenamento territorial não sejam pensadas e implementadas com rapidez, haja vista 74,41% das áreas que compõem a macrozona Litorânea estarem classificadas como medianamente estáveis/vulneráveis. De acordo com a escala de vulnerabilidade adotada na metodologia proposta por Crepani *et al.* (2001), essas áreas tendem a evoluir para o grau de vulnerabilidade moderado ou até mesmo se tornarem vulneráveis, caso ações e/ou medidas mitigadoras não sejam adotadas para conter o avanço da degradação provocada pelas atividades antrópicas, principalmente nas zonas cujas características se enquadram como completamente modificadas, pois sua abrangência na macrozona Litorânea representa 73,46% (48.551,82 ha) (tabelas 5.3 e 5.4), onde 60,85% (40.215,69 ha) das áreas classificadas como medianamente estáveis/vulneráveis da macrozona estão inseridas nessa zona. As áreas estáveis e moderadamente estáveis representam 23,61%.

Com uma realidade diferente da macrozona Litorânea (principalmente nos aspectos relacionados à pluviometria e à produção da agroindústria), na macrozona Agrestina foram identificadas apenas áreas estáveis (0,12% - 338,11 ha), moderadamente estáveis (38,40% - 106.681,06 ha) e medianamente estáveis/vulneráveis (61,57% - 170.776,37 ha). Nessa macrozona, merecem maior atenção as áreas onde estão localizadas as zonas com incidência de grau de vulnerabilidade medianamente estável/vulnerável, a exemplo das zonas altamente modificadas, visto que 33,64% das áreas medianamente estáveis/vulneráveis que compõem a

macrozona Agrestina ocorrem nessas zonas, seguido de 20,23% de sua ocorrência nas zonas mediantemente modificadas. As classes estáveis e moderadamente estáveis representam 0,12% e 38,40% respectivamente e estão distribuídas pelas zonas que compõem a macrozona Agrestina, conforme observado na tabela 5.4.

Esses indicadores ora apresentados evidenciam a importância de correlacionar os diferentes graus de vulnerabilidade com as zonas e seus respectivos graus de modificação, pois contribuem para uma avaliação mais próxima da realidade das condições socioambientais, de modo a apoiar as medidas de prevenção e/ou mitigação a serem adotadas quando da implementação das políticas de planejamento e ordenamento territorial para a bacia, tornando as ações mais eficazes.

Essa realidade experimentada atualmente na bacia corrobora com as preocupações de Melo (2012), quando o autor afirma que a região em que está situada a bacia vem dando mostra de não mais suportar a pressão antrópica ocorrida ao longo dos anos, podendo comprometer a função de zona fornecedora de produtos alimentares para a região. Esse cenário coloca o rio Ipojuca como um dos rios mais poluídos do Brasil, demandando ações de planejamento e ordenamento territorial urgentes, além de políticas públicas eficazes com o intuito de reverter tal situação, considerando-se tratar de uma bacia onde a atividade humana é extensiva e que tende a gerar certos graus de modificação na paisagem.

Essas ações de planejamento devem principalmente levar em conta quatro grandes arranjos: as áreas urbanas, os corpos hídricos, áreas de agricultura e pecuária e remanescentes de cobertura vegetal. Os arranjos, as atividades e as propostas a serem implementadas nas atividades de planejamento e ordenamento territorial para a bacia, além da sugestão do prazo de execução das mesmas, estão relacionados no quadro 5.2.

Quadro 5.2: Propostas de ações/atividades de gestão a serem levadas em consideração quando da concepção de planos de planejamento e ordenamento territorial para a BHRI

| Arranjo | Ações/Atividades a serem realizadas | Horizonte temporal |
|------------------------------------|---|--------------------|
| Áreas urbanas | Incentivar os municípios banhados pelo rio Ipojuca a elaborarem seu Plano Municipal de Saneamento Básico - PMSB, visando a implementação de ações voltadas para o saneamento básico (previstas na Lei nº 11.445/2007 e Lei nº 12.305/2010) focadas na captação de esgotos domésticos/comerciais, tratamento e destinação adequada de efluentes, bem como na coleta e disposição adequada de resíduos sólidos. | Médio prazo |
| | Elaborar/ou atualizar planos diretores de desenvolvimento urbano contendo propostas efetivas de regulação técnica do uso e ocupação do solo de modo a conter o espraiamento urbano horizontal, evitando o agravamento de problemas de mobilidade urbana, de extensão de serviços de saneamento básico, além de coibir a retirada da cobertura vegetal. | Médio prazo |
| Corpos hídricos | Fortalecer o Comitê da BHRI. | Curto prazo |
| | Identificar e eliminar as fontes difusas de poluição do rio Ipojuca com base no PMSB. | Curto prazo |
| | Elaborar/executar programas de controle dos processos erosivos na bacia. | Curto prazo |
| | Elaborar/executar programas de revitalização das nascentes e recomposição das matas ciliares visando aumentar a capacidade de recarga da bacia, bem como proteger os corpos hídricos das atividades antrópicas. | Curto prazo |
| | Melhorar/manter e fiscalizar os processos de outorga d'água, visando assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos recursos hídricos, a fim de evitar ocorrência de captação irregular de água para fins de abastecimento agrícola. | Curto prazo |
| | Elaborar um plano de dragagem do rio no entorno das áreas urbanas para retirada de resíduos sólidos descartados irregularmente pela população, com finalidade de recompor o leito do rio nessas áreas. | Médio prazo |
| | Aprovar e acompanhar a elaboração do Plano de Recursos Hídricos da Bacia, que reúne informações estratégicas para a gestão das águas. | Médio prazo |
| | Implementar um sistema de monitoramento da qualidade das águas da bacia. | Médio prazo |
| Agricultura e pecuária | Arbitrar conflitos pelo uso da água. | Curto prazo |
| | Fortalecer as atividades desenvolvidas pelo agricultor familiar. | Curto prazo |
| | Melhorar o sistema de acesso ao crédito para produtor rural. | Curto prazo |
| | Incentivar as atividades não agrícolas no meio rural. | Curto prazo |
| | Estimular as atividades com maior valor agregado. | Curto prazo |
| | Apoio à estruturação de cadeias produtivas. | Médio prazo |
| | Viabilizar assistência técnica e capacitação para produtor rural. | Médio prazo |
| | Incentivar a utilização de tecnologia de convivência com a seca. | Curto prazo |
| | Incentivar a produção agroecológica com a finalidade da incorporação das questões sociais, políticas, culturais, energéticas, ambientais e éticas na bacia. | Curto prazo |
| | Promover e incentivar o desenvolvimento de tecnologias sociais. | Médio prazo |
| Remanescentes de cobertura vegetal | Licenciar e fiscalizar os grandes empreendimentos agroindustriais implantados na bacia. | Curto prazo |
| | Implementar políticas de manejo e conservação da cobertura vegetal. | Curto prazo |
| | Criar novas unidades de conservação com o objetivo de preservar a cobertura vegetal e os recursos naturais existentes. | Curto prazo |
| | Incentivar as ações de recuperação de áreas degradadas, priorizando a prática de reflorestamento. | Médio prazo |
| | Incentivar a recomposição das reservas legais das propriedades rurais. | Médio prazo |
| | Incentivar a criação de corredores ecológicos. | Médio prazo |

Fonte: Elaboração própria.

6. CONCLUSÕES

No decorrer desta tese, procurou-se desenvolver uma ampla discussão sobre o tema planejamento e ordenamento territorial tendo como foco a bacia hidrográfica como unidade de análise, em especial a bacia hidrográfica do rio Ipojuca, localizada no estado de Pernambuco, Brasil. Percebeu-se, no entanto, que para planejar e ordenar um território, levando em consideração suas múltiplas relações entre sociedade e natureza, não basta simplesmente planejar sem conhecer o território, e não adianta ter a melhor ideia, sendo preciso investigar profundamente o território objeto da análise para que as ações de planejamento e ordenamento territorial propostas sejam efetivas e tenham sucesso na sua implementação.

Com base nessa afirmativa, nos momentos iniciais desta pesquisa optou-se por uma abordagem de contexto histórico no âmbito das ações iniciais do processo de planejamento e ordenamento territorial. Durante o processo de investigação, verificou-se, que a evolução humana sempre esteve intimamente associada à organização espacial ao adaptar seu habitat às suas necessidades, tendo a agricultura e a domesticação de animais como um marco nesse processo. Os primeiros indícios dessas ações foram observados nas aldeias ligadas a práticas de pesca e/ou agricultura na Mesopotâmia há aproximadamente 4000 a.C. Naquela região, naquele período, já se notava traços de atividades ligadas ao ordenamento territorial ao considerar os condicionantes ambientais como topografia e microclima para a definição de áreas de cultivo. Observou-se, ainda, que as práticas agrícolas foram sem dúvida a maior intervenção do homem no meio ambiente, marcando as primeiras intervenções na organização do território, com a incorporação de técnicas de irrigação para atender as demandas por água nas aldeias localizadas no Oriente Médio.

Posteriormente, os planejadores, ao proporem uma abordagem de forma mais ampla da questão ambiental, passaram a investigar e a pensar o ordenamento territorial deixando de lado o viés meramente de crescimento econômico ou de planejamento físico. Para eles, a abordagem interdisciplinar e integrada ganhou relevância ao longo dos anos, de modo que, os processos de investigação sobre o território, passaram a buscar entender o funcionamento e a estrutura dos ecossistemas defendendo a ideia de que qualquer intervenção não poderia deixar de ter uma visão interdisciplinar, assim os fatores que compunham o meio físico-biótico-socioeconômico não deixariam de ser considerados e analisados sob o ponto de vista de diferentes especialistas.

A escola francesa, por exemplo, teve uma grande influência durante o movimento romântico do final do século XVIII ao propor em seus estudos uma expressão social de cunho ambiental, em que enfatizava a relação entre disponibilidade hídrica e preservação de mananciais em suas propostas de planejamento de recursos hídricos e saneamento. Apesar desses esforços, de um modo geral, na Europa do final do século XIX eram poucos aqueles que se preocupavam com a construção de cidades aliada à conservação dos elementos da natureza. Era corriqueiro à época, nas observações dos processos de desenvolvimento de uma cidade, perceber estruturas que implicavam em um planejamento setorial, em que a organização do espaço se dava conforme a sua ocupação. Em algumas cidades europeias, o planejamento territorial era feito em função da circulação interna da água, como no caso de Veneza.

Foi observado que, ao longo dos anos, diversos tipos de planejamento setorial foram idealizados tendo como objeto de análise central, em sua maioria, o planejamento urbano e as múltiplas funções exercidas por uma cidade, porém, com maior desenvolvimento teórico de planejadores da área econômica e de recursos hídricos.

Embora muitos conceitos em torno da definição de planejamento tenham sido elaborados ao longo dos anos, em geral, todos eles preconizam que o planejamento é um processo contínuo e um meio sistemático de caracterizar as condições atuais de determinado espaço geográfico como ponto de partida, para em seguida determinar aonde se quer ir e como promover meios de se alcançar esse objetivo. Nessa perspectiva, devem possuir um caráter integrador e sempre estar direcionado para a tomada de decisões. Quantos aos tipos, os planejamentos podem ser pensados quanto a sua abrangência espacial, natureza das atividades e operacional.

A escala, seja ela cartográfica ou geográfica, é um outro fator importante a ser observado nos processos de planejamento e ordenamento territorial, pois possibilitam trabalhar as informações em diferentes graus de organização e complexidade. Sua utilização, sob a perspectiva espacial e temporal, possibilita uma abordagem mais assertiva sobre os elementos componentes e fenômenos atuantes no espaço geográfico analisado, onde cada fenômeno, elemento ou dado do meio pode ser representado por distâncias que reproduzam suas dimensões reais e pelo período em que incidem e compartilham o espaço. Embora, apesar de pouco discutido no âmbito do planejamento, cabe destacar que o problema da escala vai além de uma medida de proporção da representação gráfica do território. Decerto sua utilização se dá no sentido de expressar a representação dos diferentes modos de percepção e de concepção do real.

Cabe reconhecer aqui os limites quanto à representação de uma informação geográfica em determinadas escalas, haja vista a falta de pesquisas científicas que discutam as bases teóricas que apontem a escolha da escala correta. Recomenda-se, entretanto, o bom senso dos pesquisadores nessa escolha, visto que é comum encontrar equívocos no cruzamento de informações em diferentes escalas, sejam elas espacial ou temporal.

Durante a pesquisa, ficou claro o desafio em definir um recorte físico-territorial que desse subsídios à elaboração de um processo de investigação consistente no âmbito do planejamento e ordenamento territorial, no que diz respeito aos critérios, metodologias e escalas apropriadas para tal. A princípio, sugere-se que, metodologicamente, deva-se definir uma unidade espacial de trabalho a partir do entendimento da área que contenha as interações e pressões sobre os sistemas naturais ou criados pelo homem. Essa definição exige do planejador a percepção de que o recorte escolhido é o mais apropriado para analisar e interpretar a gama de variáveis inerentes às etapas do planejamento.

A pesquisa apontou também que, no Brasil, esse desafio tem gerado grandes equívocos na definição de áreas que atendam satisfatoriamente aos estudos de planejamento e ordenamento territorial, o que resultou em planos sem objetividade e implementação de ações pouco efetivas que não atenderam às expectativas da população local.

Assim, recomenda-se adoção de uma área que possibilite a integração dos componentes ambientais biofísicos e socioeconômicos, que permita a compreensão e avaliação sistêmica dos ecossistemas naturais, agrícolas, pecuários, florestais e aquáticos, possibilitando assim uma abordagem interdisciplinar. A bacia hidrográfica, por seu caráter sistêmico e sua conotação técnico-científica, reúne todos os aspectos abordados acima. Visto isso, sua aceitação como unidade de análise nas atividades de planejamento é universal e atualmente reconhecida por diversos pesquisadores, sendo amplamente adotada como unidade espacial de análise físico-territorial para fins de planejamento e ordenamento territorial. O entendimento de que a bacia hidrográfica é uma unidade espacial sistêmica e de caráter integrador possibilita entender a complexidade com que se estabelece a interação natureza e sociedade, como também possibilita avaliar os reflexos produzidos por essa interação nas transformações socioespaciais ocorridas ao longo do tempo.

Porto e Porto (2008) identificaram em suas pesquisas que “várias iniciativas de sucesso na área de gestão e planejamento de recursos hídricos foram baseadas no recorte geográfico da bacia hidrográfica”. Em 1916, foram realizados pactos a respeito da utilização do rio Danúbio,

segundo maior rio da Europa, e em 1922, nos EUA, quando da aprovação pelo congresso do pacto do rio Colorado que definiu critérios sobre a partição da utilização da água do rio entre os estados que compunham a bacia hidrográfica. No Brasil, as primeiras iniciativas nesse sentido aconteceram entre os anos de 1851 e 1928, e resultaram nos pactos de navegação dos rios Amazonas e Prata, assinados entre Brasil e Peru, e entre o Brasil e a República das Províncias Unidas do Rio da Prata.

Num segundo momento da pesquisa, optou-se por realizar uma investigação sobre o uso e ocupação do solo e da vulnerabilidade ambiental da bacia, com o objetivo de direcionar os entendimentos das hipóteses levantadas nesta tese, e para a definição de um zoneamento que permitisse propor ações de planejamento e ordenamento territorial para a BHRI.

Em relação ao uso e ocupação do solo, objeto de análise do capítulo 3 desta tese, o período analisado (2000 a 2015) foi fundamental para o conhecimento e a compreensão da dinâmica espacial da bacia, permitindo identificar o rebatimento da reprodução social, bem como identificar a ocorrência das principais atividades antrópicas em seu território. Os dados pesquisados permitiram definir duas regiões completamente distintas em relação ao uso e ocupação do solo: a) uma região seca, a oeste da bacia, com clima predominante semiárido e índice pluviométrico de até 600 mm ao ano, com a predominância de propriedades rurais de pequeno e médio porte, sendo o principal meio de subsistência a agricultura familiar com a rotação de culturas, além do artesanato; b) uma região úmida, a leste da bacia, com chuvas anuais quem chegam a 2.100 mm, sendo sua atividade econômica principal a monocultura da cana-de-açúcar.

Esse contraste no uso e ocupação do solo entre essas duas regiões da bacia merece preocupação redobrada. Por um lado, na região seca, a falta de água tem causado sérios desequilíbrios ambientais, comprometendo a produção agrícola da região, fato que leva os pequenos produtores a buscarem outras alternativas como a abertura de novas áreas para o plantio, abandonando as já existentes, deixando um passivo ambiental significativo para a bacia, além da superexploração dos recursos hídricos do já comprometido rio Ipojuca. Por outro lado, na região úmida, a monocultura da cana-de-açúcar tem causado sérias infrações à política ambiental, com a poluição dos recursos hídricos, a degradação da Mata Atlântica, desrespeito às reservas legais (de 20% das propriedades, no Nordeste), além de não obedecer às restrições ligadas às áreas de preservação permanente (APPs), especialmente as margens dos rios.

Ao identificar e analisar os principais usos que a população faz do território da bacia, associados a variáveis como geologia, geomorfologia, clima e pedologia, no capítulo 4 desta tese foi possível estabelecer os diferentes graus de vulnerabilidade da bacia. Baseada em álgebras de mapas, a metodologia elaborada por Crepani *et al.* (2001), permitiu identificar quatro classes em diferentes graus de vulnerabilidade atuantes na bacia, sendo elas: a classe estável, a moderadamente estável, a medianamente estável/vulnerável e a moderadamente vulnerável. Os estudos da vulnerabilidade na bacia revelaram dados preocupantes, pois 63,96% da bacia estão em áreas com características de vulnerabilidade medianamente estável/vulnerável, indicando que, se ações de regulação das atividades que impactam o meio ambiente nessas áreas não forem realizadas, o grau de vulnerabilidade pode mudar para moderadamente vulnerável ou até vulnerável.

Considerando todas essas questões levantadas até aqui, conclui-se que a BHRI necessita da implementação de ações urgentes voltadas para o seu ordenamento territorial. Acreditando na importância dessas intervenções, no capítulo 5 desta tese foi proposto um zoneamento por considerar que seja esse um importante instrumento de planejamento e ordenamento territorial, ao possibilitar caracterizar o território e segmentá-lo em zonas homogêneas de modo a regular o uso e a ocupação do solo. Desse modo, foi proposta, num primeiro momento, a criação de duas macrozonas (Agrestina e Litorânea) tomando como base os padrões de similaridade dos aspectos geomorfológicos, climáticos e de uso e ocupação do solo predominantes, o que permitiu uma visão mais abrangente da bacia. Posteriormente foram definidas quatro zonas identificadas a partir do grau de modificação resultante das formas de uso e ocupação do solo na bacia. Essas zonas foram definidas como pouco modificadas, medianamente modificadas, altamente modificadas e completamente modificadas.

Tomando como referência o zoneamento proposto, e diante do cenário de degradação em que se encontra a BHRI, recomenda-se a implementação de ações de planejamento para a bacia que devam levar em conta prioritariamente os quatro grandes arranjos propostos no quadro 5.2 desta tese: as áreas urbanas, os corpos hídricos, áreas de agricultura e pecuária e remanescentes de cobertura vegetal.

Embora as ações de gestão e planejamento indicadas para os arranjos acima sejam pensadas para a bacia como um todo, os estudos e proposições de planejamento e ordenamento territorial devem levar em conta as particularidades de cada macrozona, haja vista a identificação de realidades distintas vividas pela população, principalmente no tocante ao acesso aos recursos

hídricos. Na macrozona Agrestina, por exemplo, percebeu-se durante a investigação realizada uma precariedade no acesso à água por parte da população (principalmente na zona rural) para o atendimento aos fins básicos, devido à condição de escassez hídrica vivida nessa região da bacia, em virtude das peculiaridades dos sistemas meteorológicos atuantes. Desse modo, conclui-se que o estudo de demanda e da oferta hídrica nessa macrozona deve ser considerado como prioridade pelos agentes formuladores das políticas públicas.

Cabe destacar, que os procedimentos de investigação utilizados nesta tese, se revelaram apropriados para se perceber as diferentes variações da vulnerabilidade/fragilidade ambiental atuantes na BHRI, decorrentes do processo de uso e ocupação do solo ao longo dos anos. Do mesmo modo, os dados estatísticos e os modelos multitemporais espacializados através dos diversos mapas apresentados e elaborados a partir do Sistema de Informações Geográficas – SIG, foram fundamentais para alcançar os resultados propostos durante o processo de investigação desta tese, permitindo uma maior aproximação com as realidades da bacia.

Ademais, propõem-se que as ações de planejamento e ordenamento territorial pensadas para a BHRI devem ser compreendidas não apenas como mecanismo de correção, mas como estimuladoras do desenvolvimento, oferecendo oportunidade de crescimento econômico, bem como devem refletir a integração harmônica entre sociedade e natureza.

Ressalta-se que, o uso da bacia hidrográfica como unidade de análise para o mapeamento e avaliação das características do uso e ocupação do solo e da vulnerabilidade ambiental, na paisagem que compõem os sistemas ambientais da BHRI, contribuiu de forma assertiva para a indicação e implementação de ações de planejamento e ordenamento territorial futuras.

Nesse contexto, recomenda-se, que os modelos estatísticos e os procedimentos metodológicos utilizados nesta tese para auferir os resultados para a BHRI, devam, - com as adequações necessárias - ser empregados em outras bacias hidrográficas, cujos objetivos da investigação, sejam similares aos propostos nesta pesquisa.

Assim, conclui-se que os resultados alcançados no decorrer desta pesquisa validaram as questões levantadas, embora outras questões e pesquisas possam vir a ser discutidas no âmbito do tema aqui proposto. Espera-se, entretanto, que esta tese sirva de incentivo e motivação para outros estudos relacionados ao tema, já que não se pretendeu esgotar aqui seu estudo. Deseja-se, ainda, que ela possa contribuir de forma efetiva – servindo como paradigma nos aspectos positivos apontados – para outros pesquisadores, órgãos e entidades da administração pública em futuras ações de planejamento e ordenamento territorial para a BHRI.

REFERÊNCIAS

AB´SABER, A. N. (1987). Zoneamento ecológico da Amazônia: questões de escala em método. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. CEPAL/IPEA. Brasília.

ALMEIDA (2007 apud IBGE, 2013). IBGE (2013). Manual técnico de uso da terra, 3ª ed. Rio de Janeiro.

AGENDA 21 (1992). Proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos: aplicação de critérios integrados no desenvolvimento, manejo e uso dos recursos hídricos. Agenda 21, cap. 18. Rio de Janeiro.

ANA (2017). Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/textos-das-paginas-do-portal/regiao-hidrografica-atlantico-nordeste-oriental>. Acesso em: 11 jun. 2018.

APAC - Agência Pernambucana de Águas e Clima. Disponível em: http://www.apac.pe.gov.br/pagina.php?page_id=5&subpage_id=17. Acesso em: 13 mar. 2019.

BANCO MUNDIAL (2018). Quase metade da população global vive abaixo da linha da pobreza. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/banco-mundial-quase-metade-da-populacao-global-vive-abaixo-da-linha-da-pobreza/>. Acesso em: 25 jun. 2019.

BECKER, B. K.; EGLER, C. A. (1996). Detalhamento da metodologia para execução do zoneamento ecológico-econômico pelos estados da Amazônia Legal. MMA/SAE. Brasília.

BRASIL (1997). Ministério do Meio Ambiente, Lei n.º 9.433: Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos.

BRASIL (2002). Decreto nº 4.297. Regulamenta o art. 9º, inciso II, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelecendo critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil - ZEE, e dá outras providências. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.

BRASIL (2003). Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), Resolução n.º 32. Disponível em: http://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/importacao/institucional/grupos-de-trabalho/encerrados/gt-aguas/documentos-diversos/docs_legislacao/resolucao_32.pdf.

Acesso em: 15 mar. 2018.

BRASIL (2008). Usinas de cana de Pernambuco autuadas por crime ambiental. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/informma/item/4906-usinas-de-cana-de-pernambuco-autuadas-por-crime-ambiental>. Acesso em: 22 abr. 2020.

BRASIL (2010). Ministério da Agricultura. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Análise da vulnerabilidade ambiental, p. 127. Fortaleza.

BRAGA, L. M. M.; FERRÃO, A. M. A. (2015). A gestão dos recursos hídricos na França e no Brasil com foco nas bacias hidrográficas e seus sistemas territoriais. *Labor & Engenho*, v. 9, n. 4, p. 19-33, out./dez. Campinas.

CADAVID GARCÍA, E. A. (1991). Zoneamento agroecológico e socioeconômico da bacia hidrográfica brasileira do rio Paraguai: uma abordagem numérica preliminar (documento para discussão). Embrapa – CPAP, 65 p., foi citado por SILVA, 2003. Corumbá.

CARNEIRO, P. R. F. (2008). Controle de inundações em bacias metropolitanas, considerando a integração do planejamento do uso do solo à gestão dos recursos hídricos. Estudo de caso: bacia dos rios Iguaçu/Sarapuí na região metropolitana do Rio de Janeiro. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

CASTRO, I. E. (2001). O problema da escala em geografia: conceitos e temas. *In*: GOMES, P. C. C.; CORRÊA, R. L. (org.). Bertrand Brasil. Rio de Janeiro.

- CENDRERO, A. (1989). Mapping and evaluation of coastal areas for planning. *In: Ocean & Shoreline Management*, n. 12, p. 427-462, Elsevier Science Publishers. England.
- CONYERS, D.; HILLS, P. (1984). An introduction to development planning in the third world. *Public Administration in Developing Countries*, 271 p. John Wiley & Sons. Scotland.
- CREPANI, E. *et al.* (2001). Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial. INPE. São José dos Campos.
- CHRISTOFOLETTI, A. (1974). Geomorfologia. Edgard Blucher e EDUSP. São Paulo.
- CHRISTOFOLETTI, A. (1980). Geomorfologia, 2ª ed. Edgard Blucher. São Paulo.
- CHRISTOFOLETTI, A. (1999). Modelagem de Sistemas Ambientais, 1ª ed., 200 p. Edgard Blucher. São Paulo.
- CHRISTOFOLETTI, A. (2002). Modelagem de Sistemas Ambientais. 2ª ed. Edgard Blucher. São Paulo.
- CORNELY, Seno A. (1978). Planejamento e participação comunitária. 2ª ed. Cortez & Moraes, 1978. 144 p. São Paulo.
- CORNELY, Seno A. (1980). Subsídios sobre Planejamento Participativo. *In: BRASIL; Ministério da Educação e Cultura. Subsídios ao planejamento participativo. Brasília: MEC/DDD, 1980, pp. 27-38.*
- DEÁK, C. (1985). Rent theory and the price of urban land/Spatial organization in a capitalist economy. PhD Thesis. Cambridge.
- FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda (1999). Novo Aurélio, século XXI: o dicionário da língua portuguesa, 3ª ed. revisada e ampliada, 2.128 p. Nova Fronteira. Rio de Janeiro.

FERREIRA, F. W. (1983). Planejamento sim e não (um modo de agir num mundo em permanente mudança), 4ª ed., 157 p. Paz e Terra. Rio de Janeiro.

GOIS, D. V. (2010). Planejamento Ambiental e o Uso do Geoprocessamento no Ordenamento da Bacia Hidrográfica do Rio da Dona, Bahia/Brasil. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Sergipe – UFS. Núcleo de Pós-Graduação em Geografia.

GOMES, D. D. M. (2015). Geoprocessamento aplicado à análise e zoneamento dos sistemas ambientais da bacia hidrográfica do Rio Mundaú - PE/AL. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará, 240 p., UFC. Fortaleza.

GUERRA A. J. T.; CUNHA, S. B. (2000). Geomorfologia e meio ambiente. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro.

IBGE (2007). Manual técnico de uso da terra, 2ª ed. Rio de Janeiro.

IBGE (2018). Síntese de indicadores sociais: uma análise das condições de vida da população brasileira: 2018, Coordenação de População e Indicadores Sociais, IBGE. Rio de Janeiro.

IENSEN, Rosa Elaine. (2006). Relação entre erosão e declividade e as consequências erosivas na área do Morro Cerrito em Santa Maria - RS. Monografia (Especialização) – Universidade Federal de Santa Maria, UFSM. Santa Maria.

IPEA (2012). A agricultura no Nordeste brasileiro: oportunidades e limitações ao desenvolvimento. Texto para discussão. IPEA. Rio de Janeiro.

JÚNIOR, J. L. S. e OLIVEIRA, J. H. M. (2015). Caracterização da vulnerabilidade à erosão dos solos da bacia do rio Juliana: APA do Pratigi – BA. In: Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, SBSR-INPE. João Pessoa.

KLEIN R. J. T.; NICHOLLS R. J.; RAGOONADEN S.; CAPOBIANCO M.; ASTON J.; BUCKLEY E. N. (2001). Technological options for adaptation to climate change in coastal zones. *Journal of Coastal Research*, n. 17, p. 532-543. U.S.A.

LACOSTE, Y. (1985). *A geografia - Isso serve, em primeiro lugar, para fazer a guerra*, 13ª ed. Papirus. Campinas.

LEAL J. M, *et al.* (2019). Vulnerabilidade ambiental no município de São Miguel do Tapuio, Piauí: bases para o ordenamento territorial. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 12, n. 2, p. 608-621. Recife.

MACHADO, R. A. S. *et al.* (2011). Análise morfométrica de bacias hidrográficas como suporte à definição e elaboração de indicadores para a gestão ambiental a partir do uso de geotecnologias. *In: Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, Curitiba, PR, Brasil, 30 abr. a 5 maio 2011, INPE p. 1441.

MAPBIOMAS (2019). Projeto MapBiomass – Coleção 2001, 2005, 2010 e 2015 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. Disponível em: https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR". Acesso em: 27 maio 2017/2019.

MELO, M. L. (2012). *Paisagens do Nordeste em Pernambuco e Paraíba*, 2ª ed. Revista CEPE. Recife.

MENDONÇA, F. (2008). Riscos e vulnerabilidade socioambiental urbana: uma perspectiva a partir dos recursos hídricos. *Revista GeoTextos*, v. 4, n. 1 e 2, p. 163. UFBA. Salvador.

MMA (2008). Usinas de cana de Pernambuco autuadas por crime ambiental. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/informma/item/4906-usinas-de-cana-de-pernambuco-autuadas-por-crime-ambiental>. Acesso em: 22 jun. 2020.

MOREIRA, M. F. (2008). Comitês de bacias hidrográficas de Pernambuco: dificuldades, avanços e desafios. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Gestão e Políticas Ambientais, Universidade Federal de Pernambuco. Recife.

MORGAN, R. P. C. (2005). Soil erosion and conservation, 3^a ed. Blackwell. Malden.

NACHTERGAELE, F.; BIANCALANI, R. e PETRI, M. Land degradation - SOLAW Background Thematic Report 3. Disponível em: http://www.fao.org/fileadmin/templates/solaw/files/thematic_reports/SOLAW_thematic_report_3_land_degradation.pdf.

NASCIMENTO, D. M. C.; DOMINGUEZ, J. M. L. (jun. 2009). Avaliação da vulnerabilidade ambiental como instrumento de gestão costeira nos municípios de Belmonte e Canavieiras, Bahia. Revista Brasileira de Geociências, n. 39 (3), p. 395-408. USP. São Paulo.

OLIVEIRA, A. G. e AMORIM, L. M. E. (2017). Para onde vamos? Análise dos processos e consequências do modelo de expansão urbana de Caruaru, Pernambuco. In: XVII ENANPUR. São Paulo.

OLIVEIRA *et al.* (2015). Balanço morfogenético-pedogenético da microbacia do córrego do Marinheiro, Sete Lagoas (MG). In: Anais do XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Natal.

ONU (1972). Trechos da Declaração da Conferência da ONU sobre o Meio Ambiente, parágrafo 6. Estocolmo.

ONU (2012). United Nations Conference on Sustainable Development, Rio+20, 20-22 jun. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/rio20>. Acesso em: 19 dez. 2018.

ONU (2002). World Summit on Sustainable Development (WSSD). Johannesburg Summit, 26 ago. - 4 set., Johannesburg. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/milestones/wssd>. Acesso em: 19 dez. 2018.

ONU (2015). Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Resolução A/RES/70/1, Assembleia Geral das Nações Unidas. "Transformando o nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável". Nova York.

OREA, D. G. (1992). Planificación Rural. Editorial Agrícola Española e Ministério de Agricultura, Pesca y Alimentación, 396 p. Madrid.

OREA, D. G. e VILLARINO, A. G. (2013). Ordenación Territorial, 3ª ed. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.

ORTEGA, A. C.; CERQUEIRA, C. A.; SILVA, F. P. M. (2016). Planejamento, desenvolvimento e descentralização: o papel do Estado no desenvolvimento territorial. *In: As políticas territoriais rurais e a articulação governo federal e estadual: um estudo de caso da Bahia*. ORTEGA, A. C.; PIRES, M. J. de S. (org.), 215 p. IPEA. Brasília.

PEREIRA, P. A. S. (2000). Rios, redes e regiões: a sustentabilidade a partir de um enfoque integrado dos recursos terrestres, 348 p. AGE. Porto Alegre.

PERNAMBUCO (2005). Agência Estadual de Planejamento e Pesquisa (Condepe/Fidem). Plano da bacia hidrográfica do rio Ipojuca. Série Bacias Hidrográficas de Pernambuco, n. 1. Recife.

PERNAMBUCO (2010). Secretaria de Recursos Hídricos. Plano hidroambiental da bacia hidrográfica do rio Ipojuca, t. I, Diagnóstico hidroambiental, v. 2/3, O ambiente natural. Projetos Técnicos. Recife.

PERNAMBUCO (2017). Programa de saneamento ambiental da bacia hidrográfica do Rio Ipojuca. Contrato N.º 20/2016/SDEC, Biomonitoramento e Meio Ambiente Ltda. Recife.

PINTO, Tales (2019). O *New Deal*. Disponível em: <https://www.historiadomundo.com.br/idade-contemporanea/o-new-deal.htm>. Acesso em: 12 set. 2019.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. (2008). Gestão de bacias hidrográficas. Estudos Avançados, v. 22, n. 63, p. 43-60. São Paulo.

RACINE, J. B.; RAFFESTIN, C.; RUFFY, V. (1983). Escala e Ação: contribuições para uma interpretação de mecanismo de escala prática da geografia. Revista Brasileira de Geografia, v. 45, n. 1, jan.-mar. Rio de Janeiro.

ROSS, J. L. S. (1994). Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. Revista do Departamento de Geografia, n. 8. p. 63-74, 1994. São Paulo.

ROSS, J. L. S. (1995). Análise e síntese na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. Revista do Departamento de Geografia, n. 9. FFLCH-USP. São Paulo.

ROSS, J. L. S. (2000). Zoneamento Ecológico-Econômico-ZEE-Brasil. In: Workshop - Metodologias de zoneamento-ecológico-econômico para a região Nordeste. Fortaleza.

ROSS, J. L. S. (2009). Ecogeografia do Brasil: subsídios para o planejamento ambiental, 208 p. Oficina de Textos. São Paulo.

ROSS, J. L. S. (2011). Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. Revista do Departamento de Geografia, n. 8, p. 51-62. USP. São Paulo. Disponível em: <https://doi.org/10.7154/RDG.1994.0008.0006>. Acesso em: 14 mar. 2020.

ROSS, J. L. S. *et al.* (2008). Da ecodinâmica à fragilidade ambiental: subsídios ao planejamento e gestão ambiental. In.: ROSS, J. L. S *et al.* (org.). América Latina: sociedade e meio ambiente. 1ª ed., (67-83). Expressão Popular. São Paulo.

ROSS, J. L. S. (2011). Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. Revista do Departamento de Geografia, n. 8, p. 51-62. USP. São Paulo. Disponível em: <https://doi.org/10.7154/RDG.1994.0008.0006>. Acesso em: 14 mar. 2020.

- SANTOS, J. B. (2012). Discussões sobre o conceito de escala e os mapeamentos de solos no Brasil. *Revista Caminhos da Geografia*, v. 13, n. 44, p. 102-112. Uberlândia.
- SANTOS, M. (1978). *Por uma geografia nova: da crítica da geografia a uma geografia crítica*, 6ª ed., 288 p. Edusp. São Paulo.
- SANTOS, R. F. (2004). *Planejamento Ambiental: teoria e prática. Oficina de Textos*. São Paulo.
- SANTOS, W. A.; ARAÚJO, H. M. (2013). Geologia e recursos hídricos superficiais e subterrâneos da sub-bacia hidrográfica do rio Cotinguiba-SE. *Boletim de Geografia*, v. 31, n. 3, p. 5-18, set.-dez. Maringá. DOI:10.4025/bolgeogr.v31i3.17537.
- SEIFFER, N. F. (1998). O desafio da pesquisa ambiental. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, v. 15, n. 3, p. 103-122, set/dez. Brasília.
- SERRA, A. S.; SERRA M. A. (2013). Pobreza e meio ambiente: o caso dos municípios paranaenses. *Planejamento e Políticas Públicas*, n. 40, jan./jun. IPEA. Brasília.
- SILVA, J. S. V. (2003). *Análise multivariada em zoneamento para planejamento ambiental, estudo de caso: bacia hidrográfica do alto rio Taquari MS/MT*. [s.n.]. Campinas.
- SILVA, J. S. (2013). *Desenvolvimento territorial e gestão de bacia hidrográfica: o caso da bacia do rio Jaboatão, Pernambuco. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, CFCH, Universidade Federal de Pernambuco. Recife.*
- SILVA, Simone Rosa *et al.* (2011). Elaboração de proposta de referência para enquadramento dos corpos hídricos da bacia hidrográfica do rio Ipojuca. *In: XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. Maceió.
- SPÖRL, C. (2007). *Metodologia para elaboração de modelos de fragilidade ambiental utilizando redes neurais. Tese (Doutorado) – Pós-Graduação em Geografia, FFLC-USP. São Paulo.*

SUERTEGARAY, D. M. A.; NUNES, J. O. R. (2001). A natureza da geografia física na geografia. Terra Livre, n. 17, p. 11-24. **Associação dos Geógrafos Brasileiros**. São Paulo.

TAKEDA, T. O. (2013). Uso e ocupação do solo urbano. Juris Way. Disponível em: https://www.jurisway.org.br/v2/dhall.asp?id_dh=12363. Acesso em: 11 out. 2019.

TEODORO *et al.* (2007). O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. Revista Uniara, v. 11, n. 1, p. 137-156. Uniara. Araquara.

THOPMSON, D.; FIDALGO, E.C.C. (2015). Vulnerabilidade dos solos à erosão: estimativa da perda de solos na bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu - RJ. Embrapa Solos. Rio de Janeiro.

TRICART, J. (1977). Ecodinâmica, 91 p. IBGE/SUPREN. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/ecodinamica.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2020.

TUCCI, C. E. M. (2004). Hidrologia: ciência e aplicação, 3ª ed., 943 p. ABRH. Porto Alegre.

TUNDISI, J. G. (2011). Recursos hídricos no século XXI. 2ª ed., 328 p. Oficina de Texto. São Paulo.

TUNDISI, J. G. (2006). Novas perspectivas de gestão de recursos hídricos. Revista USP, n. 70, p. 24-35, jun.-ago. USP. São Paulo.

VALE, R. M. C. (2018). Das paisagens frágeis às terras excluídas dos sertões secos: a desertificação no submédio São Francisco, Bahia-Brasil. Tese (Doutorado) – Escola de Doutorado Internacional Programa de Doutorado em Historia, Xeografía e Historia da Arte Santiago de Compostela. Lugo.

VALLE, I. C.; FRANCELINO, M.R.; PINHEIRO, H. S. K. (2016). Mapeamento da fragilidade ambiental na bacia do rio Aldeia Velha, RJ. *Floresta e Ambiente*, n. 23(2), p. 295-308. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.107714>. Acesso em: 14 mar. 2020.

ZOIDO F.; VEJA, S.; PIÑERO, A.; MORALES, G.; MAS, R.; LOIS, R. C; GONZÁLES, J. M. (2013). *Diccionario de urbanismo: geografía urbana y ordenación del territorio*. Ediciones Cátedra. Madrid.





Esta pesquisa teve como objetivo geral mapear e analisar o uso e ocupação do solo e a vulnerabilidade ambiental no subsídio ao zoneamento, planejamento e ordenamento territorial, tendo como estudo de caso, a bacia hidrográfica do rio Ipojuca, Pernambuco/Brasil. A Pesquisa permitiu definir as Macrozonas Litorânea e Agrestina e as zonas tendo como base os diferentes graus de modificação em relação aos impactos produzidos pelas ações antrópicas na bacia. No período analisado nesta pesquisa percebeu-se que as classes de uso e ocupação do solo passaram por grandes transformações, com a substituição gradativa das áreas de cobertura vegetal nativa, para dar lugar principalmente a agricultura, a pecuária, e ao crescimento urbano